

# Bundesamt für Strahlenschutz

## Genehmigungsunterlagen

Konrad

EU 413

---

**Gesamte Blattzahl dieser Unterlage: 86 Blatt**

Die Übereinstimmung der ~~vorstehenden~~  
Abschrift - ~~auszugweisen~~ Abschrift -  
~~Fotokopie~~ - mit der Urschrift wird beglaubigt.

Hannover, den 15 Jan 98



Deckblatt

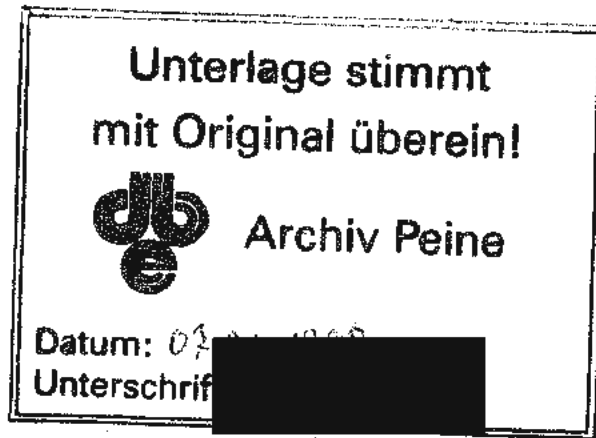
Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 1
01 A A N	NNNNNNNNNNNN	NNNNNNN	X A A X X	A A	NNNN	NN	
9K	5554		GH	RB	0017	04	Stand: 15.07.95

**Titel der Unterlage:**  
 Komponentenbeschreibung Versatzwand

**Ersteller:**  
 DBE

**Textnummer:**

**Stempelfeld:**



**Freigabe für Behörden:**

**Freigabe im Projekt:**

[Redacted signature area]

07.03.96

Datum und Unterschrift

[Redacted signature area]

07.03.96

Datum und Unterschrift

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung des BfS.

# Revisionsblatt

002

**BfS**

EU 413	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
	N A A N	M N N N N N N N N N	N N N N N N	I A A I X	A A	N N N N	N N
	9K	5554	---	GH	RB	0017	00

Titel der Unterlage: Komponentenbeschreibung Versatzwand	Seite:
	II.
	Stand:
	11.03.1991

Rev.	Revisionsst. Datum	verant. Stelle	Gegenzeichn. Name	rev. Seite	Kat. *)	Erläuterung der Revision
01	10.04.91	ET 2.2	[REDACTED]		S	siehe Revision der DBE auf Blatt 2 01 vom 10.04.1991
02	28.01.92	ET 2.2	[REDACTED]		S	siehe Revision der DBE auf Blatt 2 02 vom 12.11.91 03 vom 28.01.92
03	22.04.93	ET 2.2	[REDACTED]		S	siehe Revision der DBE auf Blatt 2 04 vom 22.04.93
04	15.07.95	ET 2.4	[REDACTED]		S R	siehe Revision der DBE auf Blatt 2, 2a 05 vom 15.07.95

\*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur  
 Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung  
 Kategorie S = substantielle Änderung  
 Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden.



# DECKBLATT

Blatt: 1

Stand: 15.07.95



Projekt:  K O N R A D	Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komp.	Baugr.	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAXXX	AA	NNNN	NN
	9K	5554		ECC			GH	LA	0023	05

**Titel der Unterlage**  
**Komponentenbeschreibung Versatzwand - 003**

**Ersteller/Unterschrift:** [Redacted] **Gepflegt:** [Redacted]  
**Textnummer:**  
 EU413.R05

**Stempelfeld:**

	<p>T-KT1</p>	<p>T-K</p> <p>14.9.95</p>
<p>Freigabe Auftragnehmer Datum / Unterschrift</p>	<p>Freigabe DBE-UVST Datum / Unterschrift</p>	<p>Freigabe DBE-UVST Datum / Unterschrift</p>



Dieses Schriftstück unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts und darf nur mit Zustimmung der DBE genutzt, vervielfältigt, Dritten zugänglich gemacht oder in anderer Weise verwendet werden

# REVISIONSBLATT

Blatt: 2  
Stand:



Revisionsst. 00:  11.03.91	Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktio	Komp.	Baugr.	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAXXX	AA	NNNN	NN
	9K	5554		ECC			GH	LA	0023	

**Titel der Unterlage**  
**Komponentenbeschreibung Versatzwand** 004

Rev.	Revisionsst. Datum	verant. Stelle	rev. Seite	Kat. *)	Erläuterung der Revision
01	10.04.91	T-TB	3	S	Anlage A eingefügt
			Anlage A	S	Anlage A eingefügt
02	12.11.91	T-TB	3	S	Anlage A ausgetauscht
			10	R	redaktionelle Änderung
			10	S	keine Anspritzfläche im Bereich Gebindeoberfläche/Gebirge erforderlich
			10	S	Vorbehandlungsarbeiten durch Vorbefeuchtung der Kontaktflächen erweitert
03	28.01.92	T-TB	11	S	Bemaßung; statt 1,25 m, 1,50 m
			3a	V	Blatt hinzu
			3a/10	S	Anlage B eingefügt
04	22.04.93	T-KT1	10	V	Für die Sohle ist keine besondere Vorbehandlung notwendig
			Anlage B	S	Anlage B eingefügt
			3	S	geänderte Gliederung und Anlagen
05	15.07.95	T-KT1	8	R	geänderter Seitenumbruch
			13 - 17	R	geänderter Seitenumbruch
			Kap. 3	S	Gesamtüberarbeitung
			S 9-12	S	neue Statik infolge geänderter Versatzwandform
05	15.07.95	T-KT1	Anlage A	S	alte Anlage B entfallen, Anlage B inhaltlich neu
			Anlage B	S	alte Anlage B entfallen, Anlage B inhaltlich neu
			2a	R	zusätzliches Revisionsblatt
			3	R	geänderte Gesamtblattzahl, 84 statt 83
05	15.07.95	T-KT1	5	R	Schreibfehler korrigiert; statt BVE jetzt ElBergV; Abkürzung EU und KZL eingefügt
			8	R	statt Ortsdosierung jetzt Ortsdosisleistung (Schreibfehler)
			11	S	Literaturhinweis entfallen; Aussage zur spritzbetontechnischen Beherrschbarkeit verallgemeinert

\*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur  
 Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung  
 Kategorie S = substantielle Änderung  
 Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden



V.88/771/2

# REVISIONSBLATT

Blatt: 2a

Stand:



Revisionsst. 00:  11.03.91	Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komp.	Baugr.	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	XAAAXX	AA	NNNN	NN
	9K	5554		ECC			GH	LA	0023	

Titel der Unterlage

**Komponentenbeschreibung Versatzwand**


— 005

Rev.	Revisionsst. Datum	verant. Stelle	rev. Seite	Kat. *)	Erläuterung der Revision
05	15.07.95	T-KT1	11 12  16, 17	R R  R	Vervollständigung des Titels der EU 404 Vervollständigung der Titel der EUs 404, 406 und 407, Schreibfehler korrigiert Aktualisierung der Vorschriften

\*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur  
 Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung  
 Kategorie S = substantielle Änderung  
 Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden

V.88/771/2



	Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komp.	Baugr.	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.	
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9K	5554		ECC			GH	LA	0023	05	

Komponentenbeschreibung Versatzwand

Blatt 3

- 006

Inhalt	Blatt
I Schematische Darstellung des Versatzsystems	4
II Begriffe und Abkürzungen	5
1 Aufgabenstellung	7
2 Auslegungsanforderungen	8
2.1 Betriebliche Auslegungsanforderungen	8
2.2 Sicherheitstechnische Auslegungsanforderungen	8
3 Beschreibung der Versatzwand	9
3.1 Form der Versatzwand	9
3.2 Herstellungsverfahren der Versatzwand	10
3.3 Herstellung der Versatzwand	10
3.4 Technische Anlagen und Fahrzeuge	11
4 Inbetriebnahme	13
5 Betrieb	14
6 Qualitätssicherung	15
7 Vorschriften	16

Anlage A Endlager Konrad

Konzept zur Herstellung der Versatzwände  
in Spritzbeton  
Statischer Nachweis  
IMM Bochum, Stand März 1993  
9K/5554/ECC/GH/LD/0002/00

65 Blatt

Anlage B Fachliche Stellungnahme zur Übertragung der  
statischen Untersuchungen der Versatzwand  
auf reduzierte Streckenabmessungen

9K/5554/ECC/GH/LA/0044/00



Gesamte Blattzahl der Unterlage: 84

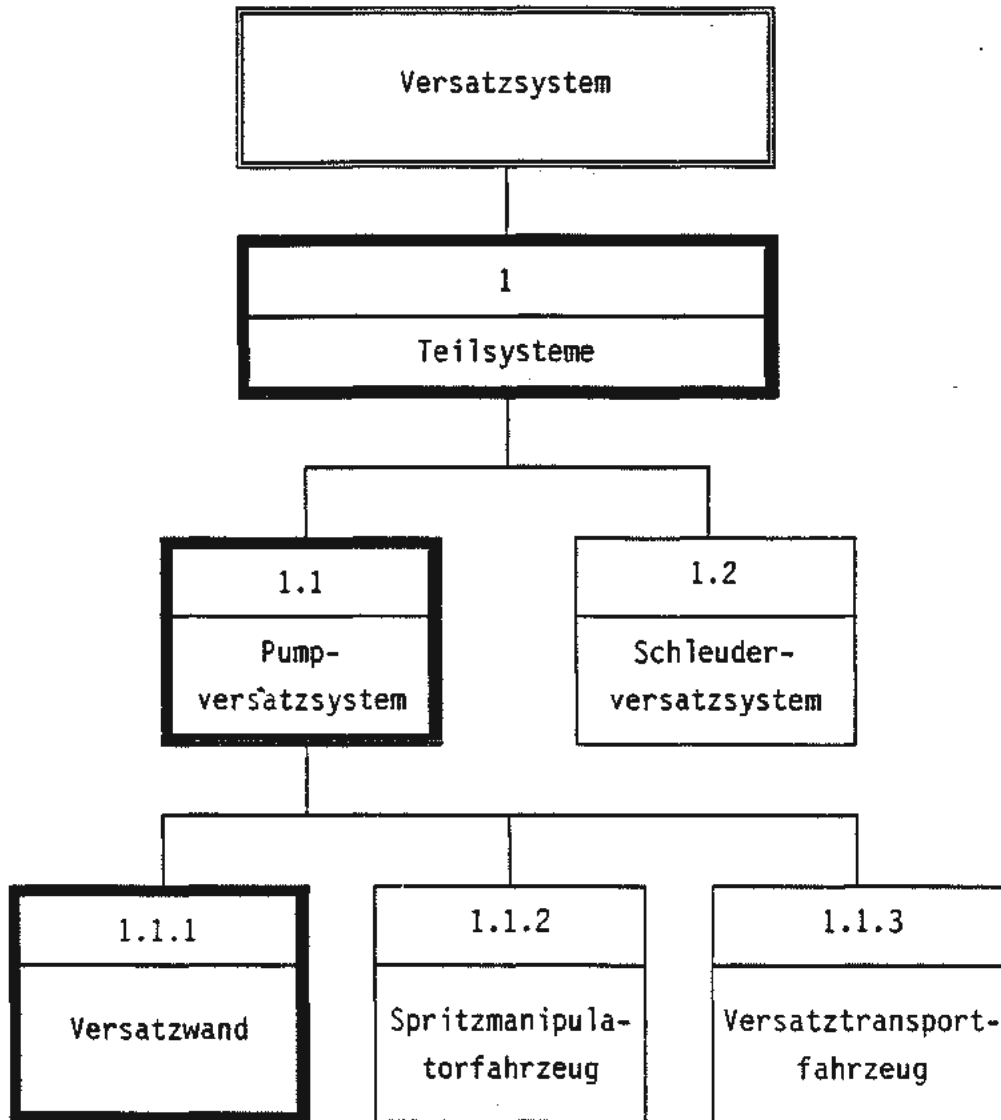
04  
04  
05

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komp.	Baugr.	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.
9K	5554		ECC			GH	LA	0023	00



I Schematische Darstellung des Versatzsystems

007





Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komp.	Baugr.	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.
N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N
9K	5554		ECC			GH	LA	0023	05



**II Begriffe und Abkürzungen**

008

**A**

ABVO Allgemeine Bergverordnung über Untertagebetriebe, Tagebaue und Salinen

**B**

- BA Betriebsarten
- BBergG Bundesberggesetz
- BE-Mittel Erstarrungsbeschleuniger
- BfS Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter | 05
- BVOS Bergverordnung für Schacht- und Schrägförderanlagen

**D**

- DAST Deutscher Ausschuß für Stahlbau
- DBE Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH, Peine
- DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
- DruckbehV Druckbehälterverordnung | 05

**E**

- EIBergV Bergverordnung für elektrische Anlagen (Elektro-Bergverordnung) | 05
- EU Erläuternde Unterlage | 05

**F**

FEM Richtlinien der Fédération Européenne de la Manutention

**I**

ISO International Standardization Organization

**K**

- KAB Kammerabschlußbauwerk
- KZL Kennzeichnungsleiste | 05

**O**

OBA Oberbergamt

**Q**

- QS Qualitätssicherung
- QSB Qualitätssicherungsbereich
- QSH Qualitätssicherungshandbuch
- QSP Qualitätssicherungsprogramm

**S**

StrISchV Strahlenschutzverordnung



Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komp.	Baugr.	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.
9K	5554		ECC			GH	LA	0023	00



Komponentenbeschreibung Versatzwand

Blatt 6

- T** 009
- TAS Technische Anforderungen an Schacht- und Schrägförderanlagen
- U**
- UVV Unfallverhütungsvorschriften
- u.T. unter Tage
- ü.T. über Tage
- V**
- VBG Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften
- VDE Verband Deutscher Elektrotechniker e. V.
- VDMA Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V.



Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Function	Komp.	Baugr.	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAXX	AA	NNNN	NN
9K	5554		ECC			GH	LA	0023	00



Komponentenbeschreibung Versatzwand

Blatt 7

1 Aufgabenstellung

- 010

Die Versatzwand hat die Aufgabe, einen mit Dickstoff (Pumpversatz) zu verfüllenden Hohlraum gegen das betriebene Grubengebäude abzuschotten.



Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komp.	Baugr.	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9K	5554		ECC			GH	LA	0023	05



**2 Auslegungsanforderungen**

011

**2.1 Betriebliche Auslegungsanforderungen**

- Die Versatzwand soll in Spritzbetontechnik erstellt werden.
- Die Versatzwand soll in direkten Anschluß an die letzte Gebindereihe an jeder beliebigen Stelle in der Kammer und in der Kammerzufahrt errichtet werden können. | 04
- Die Versatzwand soll zum Zeitpunkt der Befüllung des Einlagerungsraumes eine Festigkeit aufweisen, die das Einbringen von Dickstoff (Pumpversatz) erlaubt.
- Die Versatzwand muß das Ausfließen des Dickstoffes in das betriebliche Grubengebäude verhindern.
- Die Versatzwand soll die Ortsdosisleistung im zugänglichen Bereich weitgehend reduzieren. | 05

**2.2 Sicherheitstechnische Auslegungsanforderungen**

- entfällt -



Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komp.	Baugr.	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNA AANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9K	5554		ECC			GH	LA	0023	04



3 Beschreibung der Versatzwand

012

3.1 Form der Versatzwand

Die Form der Versatzwand ist schematisch im Bild 1 dargestellt. Sie repräsentiert den Fall, daß die Versatzwand in direktem Anschluß an die letzte Gebindereihe an jeder beliebigen Stelle in der Kammer errichtet wird.

Wird die Versatzwand in der Kammerzufahrt errichtet, so werden bei Beibehaltung des Stichmaßes von ca. 1 m und der Mindestwandstärke von ca. 50 cm die horizontalen und vertikalen Waddickenverteilungen entsprechend maßstäblich verkürzt (Anlage B).

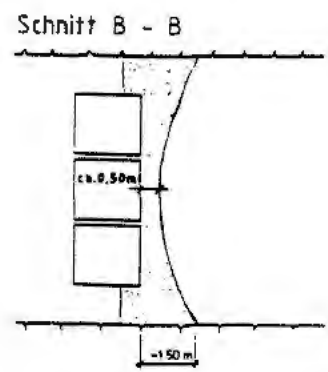
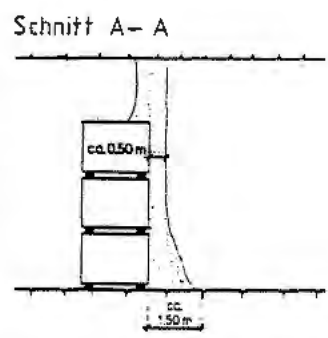
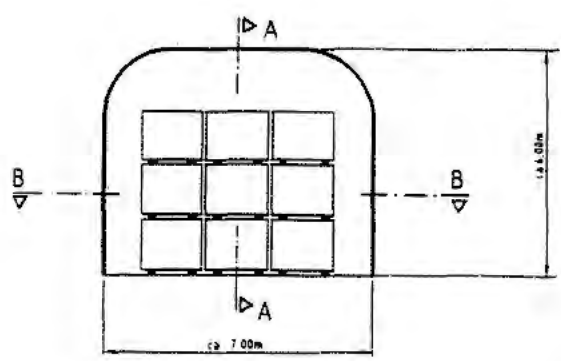



Bild 1:  
Form der Versatzwand  
- schematisch -



Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komp.	Baugr.	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
9K	5554		ECC			GH	LA	0023	04	

### 3.2 Herstellungsverfahren der Versatzwand

013

Die Versatzwand wird in Spritzbetontechnik im Naßspritzverfahren erstellt.

Der Spritzbeton besteht aus den Bestandteilen

- Zement
- Wasser
- Zuschlagstoffe
- BE-Mittel.


Die Rezeptur des Spritzbetons wird so gewählt, daß die gemäß Standsicherheitsnachweis (Anlage A) geforderte Druckfestigkeit von 20 N/mm<sup>2</sup> sicher erreicht wird.

### 3.3 Herstellung der Versatzwand

Vor Beginn der Bauausführung erfolgt eine Vorbehandlung durch Druckluft, zum Entfernen loser Materialien und eine Vorbenetzung der Auftragflächen mit Wasser. Für die Sohle ist keine Vorbehandlung notwendig. Die Vorbenetzung und Vorbefeuchtung wird mit dem Spritzmanipulatorfahrzeug durchgeführt.

Prinzipiell werden 3 Phasen unterschieden (Bild 2). In der Phase 1 wird der Spritzbeton lagenweise von der Sohle bis zur Gebindeoberkante eingebaut. In der Phase 2 wird im rückwärtigen Bereich, außerhalb des konstruktiven Teils der Versatzwand, eine Hilfswand errichtet. In der Phase 3 wird der konstruktive Teil der Versatzwand von der Gebindeoberkante bis zur Firste erstellt.



Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komp.	Baugr.	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNA AANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
9K	5554		ECC			GH	LA	0023	05	

Die Phasen werden der Numerierung folgend hintereinander geschaltet und können z. T. auch alternierend - 1 und 2, 2 und 3 - durchgeführt werden.

Der phasenweise Aufbau der Versatzwand wird den jeweiligen Vor-Ort-Verhältnissen, die durch die Gebindeanordnungen und die Kammerkonturen geprägt werden, angepaßt.

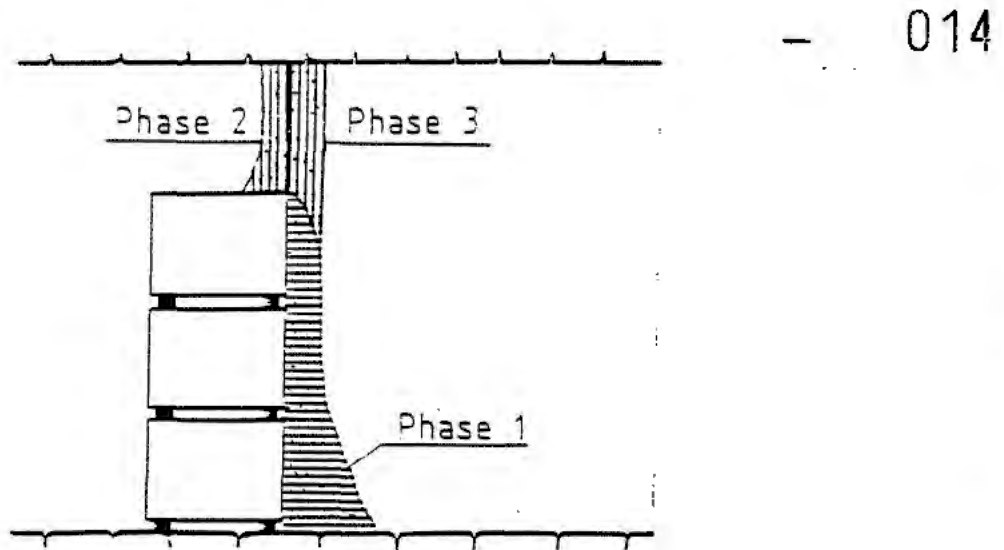



Bild 2:  
Spritzschema zur Herstellung der Versatzwand

Alle einzulagernden Gebindeanordnungen können spritztechnisch beherrscht werden. Für die Errichtung eines Kammerabschlusses oder im Sonderfall für die Errichtung eines Kammerabschlußbauwerkes [KAB] (siehe Versatzsystem, Systembeschreibung Pumpversatz, BFS-KZL 9K/5554/GH/TK/0001, EU 404 Pkt. 1) wird ggf. eine äquivalente Anspritzfläche (Putzträgerwand aus Stahl, Fertigbetonteilen, Containern o.ä.) errichtet.

### 3.4 Technische Anlagen und Fahrzeuge

Die Versatzwand wird in Spritzbetontechnik im Naßspritzverfahren erstellt. Der Spritzbeton wird als Trockenmischung angeliefert, mit Wasser zu Frischbeton angemischt, von den Versatztransportfahrzeugen bis zur Einbaustelle transportiert und anschließend mit einem Spritzbetonpumpenfahrzeug unter Zugabe eines BE-Mittels (Erstarrungsbeschleuniger) als Spritzbeton verarbeitet.




Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komp.	Baugr.	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AAANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
9K	5554		ECC			GH	LA	0023	05	

Der Verfahrensablauf zur Erstellung des Spritzbetons ist in der "Versatzsystem, Systembeschreibung Pumpversatz, BFS-KZL 9K/5554/GH/TK/0001, EU 404" die Transporttechnik des Frischbetons ist in der "Komponentenbeschreibung Versatztransportfahrzeug, BFS-KZL 9K/5554/GH/RB/0013, EU 406" und die Einbringtechnik ist in der "Komponentenbeschreibung Spritzmanipulatorfahrzeug, BFS-KZL 9K/5554/GH/RB/0014, EU 407" beschrieben.

- 015





Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komp.	Baugr.	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.	 <b>DBE</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
9K	5554		ECC			GH	LA	0023	04	

**4 Inbetriebnahme**

Die Inbetriebnahme erfolgt nach Abnahme durch Inaugenscheinnahme durch die verantwortliche Aufsichtsperson.

- 016



Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komp.	Baugr.	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9K	5554		ECC			GH	LA	0023	04



Komponentenbeschreibung Versatzwand

**5 Betrieb**

Die Durchführung des Betriebes erfolgt nach den erteilten Genehmigungen und nach den im Zechenbuch/Betriebshandbuch zusammengefaßten Regelungen.

- 017



Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komp.	Baugr.	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AAANNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9K	5554		ECC			GH	LA	0023	04



**6 Qualitätssicherung**

- 018

Die Qualitätssicherung wird in einem Qualitätssicherungsprogramm festgelegt. Nach den Forderungen dieses Programmes werden Bauteile, Komponenten und Systeme qualitätsgesichert hergestellt. Art und Umfang der Qualitätssicherungsmaßnahmen sind ausgerichtet an deren Bedeutung für die Vorsorge gegen Schäden. Das Qualitätssicherungsprogramm legt fest, daß für Auftraggeber und Auftragnehmer zur Sicherung der jeweils erforderlichen Qualität funktionierende Qualitätssicherungs-Systeme für Planung, Auslegung, Beschaffung, Herstellung, Inbetriebnahme und Betrieb zur Anwendung kommen. Vorhandene gültige Qualifizierungen und Zulassungen nach gültigen technischen Regeln und Richtlinien werden anerkannt.

Durch diese Qualitätssicherungsmaßnahmen wird erreicht, daß die jeweils erforderliche Qualität geplant, erzeugt, nachgewiesen und somit die in den Komponentenbeschreibungen und gegebenenfalls Spezifikationen festgelegten Anforderungen erfüllt werden.

Die Bestätigung der Qualität und Bescheinigungen über Qualifikationen und Zulassungen werden als Nachweis nach Vorschriften dokumentiert.



Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komp.	Baugr.	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.	DBE
N A A N	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	X A A X X	AA	NNNN	NN	
9K	5554		ECC			GH	LA	0023	05	

7 **Vorschriften**

- 019

Für die Technik des Dickstoffversatzes werden u. a. folgende Vorschriften herangezogen:

A) StrlSchV

Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) vom 13.10.1976 (BGBl. I, S. 2905) in der Neufassung vom 30. Juni 1989 (BGBl. I, S. 1321) unter Berücksichtigung der Berichtigung vom 16. Oktober 1989 (BGBl. I, S. 1262), geändert durch Verordnung vom 03. April 1990 (BGBl. 1, S. 607), zuletzt geändert durch Med PG vom 02.08.94.

B) ABVO

Allgemeine Bergverordnung über Untertagebetriebe, Tagebaue und Salinen vom 02.02.1966 (Nds. MBl. Nr. 15/1966, S. 337) in der Fassung der 4. Verordnung zur Änderung der allgemeinen Bergverordnung über Untertagebetriebe, Tagebaue und Salinen vom 25.07.1986 (Nds. MBl. Nr. 29/1986, S. 755), zuletzt geändert durch GesBergV vom 31.07.91.

C) ElBergV

Bergverordnung für elektrische Anlagen (Elektro-Bergverordnung) vom 21.07.92 (Nds. MBl. 1992, Nr. 25, S. 1080-1088)


D) VBG 10

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften  
Sammlung der Einzel-Unfallverhütungsvorschriften der gewerblichen Berufsgenossenschaften, "Stetigförderer" vom 01.04.1977 in der Fassung vom 01.01.93 mit zugehöriger Durchführungsanweisung.  
Carl Heymanns Verlag KG, Köln

E) Oberbergamt in Clausthal-Zellerfeld

Technische Anforderungen an die Bauart von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren in nicht durch Grubengas gefährdeten Grubenbauen (Fahrzeugbauvorschriften)  
Stand 12. August 1981



Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komp.	Baugr.	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.	
N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
9K	5554		ECC			GH	LA	0023	05	

Komponentenbeschreibung Versatzwand

F) Oberbergamt in Clausthal-Zellerfeld

- 020

Richtlinien für den Betrieb von Fahrzeugen und zugehörigen Einrichtungen in nicht durch Grubengas gefährdeten Grubenbauen (Fahrzeugbetriebsrichtlinien)

Stand 12. August 1981

G) DruckbehV

**Druckbehälterverordnung:** Verordnung über Druckbehälter, Druckgasbehälter und Füllanlagen vom 21. April 1989 (BGBI. I, S. 830), zuletzt geändert durch Verordnung vom 22.06.95 (BGBI. I, 1995, Nr. 31, S. 836). 05



Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komp.	Baugr.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	KNAAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9K	5554		ECC			GH	LD	0002	00

021



**ENDLAGER KONRAD**  
**Konzept**  
**zur Herstellung der Versatzwände**  
**in Spritzbeton**  
**Statischer Nachweis**

**Im Auftrag der  
Deutschen Gesellschaft  
zum Bau und Betrieb von  
Endlagern für Abfallstoffe mbH**

**Bochum, März 1993**



- 022

INHALT

1. Aufgabenstellung
  2. Bearbeitungsgrundlagen
  3. Statischer Nachweis
    - 3.1 Voraussetzungen
    - 3.2 Lastannahmen
    - 3.3 Statische Berechnungen
      - 3.3.1 Statisches Modell
      - 3.3.2 Berechnungsfall 1
      - 3.3.3 Berechnungsfall 2
    - 3.4 Festlegung der konstruktiven Abmessungen der Versatzwand
  4. Zusammenfassende Bewertung
- Anlage 1 Kubatur der Versatzwand aus unbewehrtem Spritzbeton
- Anlage 2 Ermittlung der Drehfederkonstanten in Abhängigkeit von der Druckkeilbreite



023

### 1. Aufgabenstellung

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) Salzgitter plant auf der Schachtanlage Konrad die Errichtung eines Endlager-Bergwerks zur Einlagerung von radioaktiven Abfällen. Die Abfallprodukte sollen in Form von Containern und Rundbehältern unterschiedlicher Abmessungen verpackt in die Einlagerungskammern eingelagert werden. Die Querschnittsform der Einlagerungskammern bildet ein Hufeisenprofil mit ca. 40 m<sup>2</sup> Querschnittsfläche. Die mit Teilschnittmaschinen söhlig aufgefahrenen Kammern sind durch einen Ankermaschendrahtverzug gesichert.

Das Einlagerungskonzept sieht vor, die Gebinde abschnittsweise in Längen von ca. 50 m in die Einlagerungskammern einzulagern, die Kammerabschnitte mit Trennwänden aus Spritzbeton (Versatzwand) abzuschließen und die Resthohlräume mit einem Dickstoff aufzufüllen.

Der vorliegende Bericht beinhaltet den statischen Nachweis und die Festlegung der konstruktiven Abmessung der Versatzwand.

Der statische Nachweis wird für die Belastungsfälle "kopfseitige Befüllung der Einlagerungskammern mit Dickstoff" und "Auffüllung der Kammer mit Dickstoff über das Wetterbohrloch (Sturzversatztechnik)" geführt.



024

## 2. Bearbeitungsgrundlagen

Als Unterlagen zur Bearbeitung standen zur Verfügung:

- Konzeptplanung Trennwand  
Bericht der DBE vom 05.07.1990
- Telefax der DBE vom 06.09.1990 bezüglich Abbindeverhalten und Quellverhalten des Pumpversatzmaterials
- Unterlagen zum Befüllversuch "Garage"  
(4 Seiten) einschließlich Fotos
- Bericht der Preussag AG Metall-Bergbauberatung  
"PTB/Konrad- Vollversatz von Einlagerungskammern" (auszugweise)
- Bericht der DBE "Vorlage zur Präsentation der Kammerabschlußbauwerke" vom April 1987
- Zwischenbericht 2.2 "Kammerabschlußbauwerk in situ Erprobung - Schachanlage Konrad. Bau der KAB-Errichtung der hinteren Trennwand"
- Abschlußbericht "Eignungsprüfung der Schachanlage Konrad für die Endlagerung radioaktiver Abfälle" vom Juni 1982 (auszugweise) der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH, München
- Permeabilitätsmessungen an Probekernen aus Spezialmörtel. Bericht des Instituts für Tiefbohrtechnik, Erdöl- und Erdgasgewinnung, Abt. Lagerstättentechnik Technische Universität Clausthal

025

- Telefax der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover vom 18.09.1990  
"Verformungsverhalten Stöße, Schachanlage Konrad, Eisenerz"
- Telefax des Bundesamtes für Strahlenschutz, Salzgitter, vom 18.09.1990
- Endlager Konrad  
Konzept zur Herstellung der Versatzwände in Spritzbeton  
Statischer Nachweis  
Bericht der IMM vom November 1991

Ergänzt wurden die Unterlagen durch eine Befahrungen der Schachanlage Konrad, die im Auftrag der DBE am 11.09.1990 und am 15.07.1992 durchgeführt wurden sowie durch die geotechnischen Untersuchungen in der Sohle, die in der Zeit vom 21. - 25.10.1991 auf der Schachanlage durchgeführt wurden.

### 3. Statischer Nachweis

#### 3.1 Voraussetzungen

Die statische Berechnung basiert auf folgenden Voraussetzungen:

- Streckenquerschnitt ca.  $40 \text{ m}^2$ , 7 m Sohlenbreite, 6 m Firsthöhe
- Kammerbefüllung mit Dickstoff (Dichte:  $2,3 \text{ t/m}^3$ ) als Flüssigkeit mit trapezförmiger Belastungsfigur. Ein evtl. Abbinden des Dickstoffs soll laut Vorgabe der DBE nicht berücksichtigt werden



026

- Füllvorgang in 20 Stunden ca. 800 m<sup>3</sup>
- Vernachlässigung des Einflusses von Konvergenzen, die nach der Einlagerung aus dem Gebirge resultieren können. Diese Annahme ist berechtigt, da eine vollständige Verfüllung der eingelagerten Kammern mit Dickstoff vorausgesetzt wird.
- Einhaltung des Minimierungsgebotes von 50 cm Wandstärke für die dünnste Stelle der Trennwand aus radiologischer Sicht
- Verhinderung des Ausfließens von Versatzmaterial (Dickstoff) an der Kontaktfuge zum Gebirge durch dichten Gebirgsanschluß
- vor Bauausführung ist durch druckluftbeaufschlagte Reinigung (Vorbehandlung) und Vorbefeuchtung der Kontaktflächen des Gebirges zum Spritzbeton und Entfernung loser Materialien sicherzustellen, daß ein einwandfreier Verbund hergestellt werden kann
- die Lagestabilität der Container ist zu jedem Zeitpunkt des Befüllens mit Dickstoff sichergestellt: D. h. sofern die Gebinde so leicht sind, daß der Dickstoff beim Befüllen ein Aufschwimmen initiiert, ist durch geeignete Maßnahmen, wie z. B. Vergrößerung des Abstandes zwischen den Containern sicherzustellen, daß sich die Reihe der Gebinde nicht als Gewölbe oder Kappe ausbilden bzw. verkanten kann

027

- Gebirgs E-Modul von  $3000 \text{ N/mm}^2$  entsprechend Vorgabe der BGR, vgl. zugehöriges Telefax vom 18.09.1990
- keine nennenswerten Gebirgsentfestigungen in Sohle und Firste
- in den Stößen liegt der rechnerisch anzusetzende Gebirgs-E-Modul wegen örtlich zu erwartende Entfestigungen bei ca.  $1500 \text{ N/mm}^2$  und mindestens bei  $1000 \text{ N/mm}^2$ .
- entsprechend der geotechnischen Sohluntersuchungen wurde für die Fahrsohle eine Weichheit von  $1,5 \text{ mm/Mpa}$  angesetzt
- Ausführung eines Spritzbetons der Betonfestigkeitsklasse B25 nach 28 Tagen und einer Frühfestigkeit, die zum Zeitpunkt des Befüllens mit Dickstoff mindestens  $20 \text{ N/mm}^2$  aufweist.

Zusätzliche Voraussetzungen bei Anwendung der Sturzversatztechnik

- max. Füllhöhe 100 m
- Wetterbohrlochdurchmesser 1,20 m.
- max. Betonzufuhr  $40 \text{ m}^3/\text{h}$

### 3.2 Lastannahmen

Als Last auf die Versatzwände wird ein einseitiger hydrostatischer Druck angesetzt, der einem vollflüssigen Dickstoff mit einer Wichte von  $23 \text{ KN/m}^3$  entspricht.



028

Die Lastabtragung in Querrichtung wird in den nachstehenden Untersuchungen näherungsweise dadurch erfaßt, daß in dem vertikalen Tragsystem auf voller Höhe eine Bettungsziffer angesetzt wird. Die letztere wurde aufgrund mehrerer in Querrichtung durchgeführter Kappenberechnungen zu  $40 \text{ MN/m}^3$  ermittelt. Die Berechnungen in Querrichtung sind jeweils mit und ohne Gelenk ( $\Rightarrow$  Ribbildung) für zwei verschiedene Gebirgs-E-Moduli durchgeführt worden. Dabei liegen die maximalen Durchbiegungen bei einer Gleichlast von  $100 \text{ KN/m}^2$  zwischen  $1,72 \text{ mm}$  und  $3,11 \text{ mm}$ . Gewählt wurde eine Bettungsziffer entsprechend einer Durchbiegung von  $2,5 \text{ mm}$  zu  $100/0,0025 = 4000 \text{ KN/m}^3$ .

Die Einspannbedingungen an den Enden der Kappen-tragsysteme wurden über interaktive Iteration ermittelt, wobei die Festpunkte variiert wurden.

Der Lastfall "Schwinden" wurde vernachlässigt. Die für die Kappe angesetzten Auflagerbedingungen ergaben sich aus einem Fels-E-Modul von  $3000 \text{ MN/m}^2$ , bzw. für die Stöße aus einem Fels-E-Modul von  $1500$  und  $1000 \text{ MN/m}^2$ .

Die Fahrsohle in der Einlagerungsstrecke ging mit einer Verformbarkeit von  $1,5 \text{ mm/Mpa}$  ein. D. h. bei einem rechnerischen Druck von  $1 \text{ MN/m}^2$  aus dem Veratzwandfuß auf die Fahrsohle wurde allein aus der Verformbarkeit des Fahrsohlmaterials mit einer Setzung von  $1,5 \text{ mm}$  gerechnet.

Der Ermittlung der Drehfederkonstanten in Abhängigkeit von der Druckkeilbreite liegen die in der Statik vom November 1991 (Anlage 2) ermittelten Werte zugrunde. Diese wurden in der Kurventafel erfaßt, woraus dann Zwischenwerte über Potenzfunktionen  $C_d = b^a$  inter- bzw. extrapoliert wurden.

### 3.3 Statische Berechnungen

#### 3.3.1 Statisches Modell

Den statischen Berechnungen liegt als Modell eine Kappe zugrunde deren Kämpferdrücke über Reibung und Verzahnung in das Gebirge eingeleitet werden. Das Modell der Kappe wird im Tiefbau als Berechnungsgrundlage für den Baugrubenverbau zugrundegelegt. Der Verzug zwischen den Verbauträgern, in der Regel aus unbewehrtem Beton, trägt die Belastung als Druckgewölbe auf die seitlichen Widerlager ab. Da in jedem Verbaufeld ein Druckgewölbe vorliegt, ist die Annahme der unnachgiebigen Widerlager gerechtfertigt und die Kappe wird in der Regel unbewehrt ausgeführt.

Für den vorliegenden Bemessungsfall wird in Analogie zum Baugrubenverzug zwischen den Trägern als statisches Modell eine Kappe gewählt. Die Widerlager werden durch das anstehende Gebirge bzw. durch die Fahrsohle gebildet. Die Kraftabtragung erfolgt über die Kappe als Druckgewölbe in das Gebirge.

- 030

Die Form der Versatzwand ist auf der der Befüllung abgewandten Seite in der unteren Hälfte als vertikal und horizontal aufgespanntes Gewölbe und in der oberen Hälfte als nur horizontal aufgespanntes Gewölbe vorgesehen. D. h., die Wand ist zur Sohle und zu den Stößen hin angevoutet, während zur Firste hin auf die Anvoutung verzichtet wird. Die theoretische Wandstärke beträgt demnach im Mittelbereich der Wand von ca. der halben Höhe bis zur Firste konstant 0,5 m, während sie an der Sohle und in den Stößen auf eine Stärke von 1,5 m angevoutet wird.

Durch das Entfallen der Voute zur Firste hin wird das Tragsystem in vertikaler Richtung trotz der geringeren vertikalen Spannweite vergleichbar weich wie in horizontaler Richtung.

Es wird daher in den nachstehenden Untersuchungen die Lastabtragung in horizontaler Richtung berücksichtigt. Vernachlässigt wird der Lastabtragungsanteil aus den mit den zweifachen Biegeverformungen aktivierten "Plattendrillmomenten".

Die Nachgiebigkeit des Felses unter dem Kämpferdruck der Kappe wurde nach Steinbrenner (Grundbautaschenbuch 3. Auflage, Teil 1, Kap. 2.1.2.1 "schlaffe Gleichlast auf rechteckiger Grundfläche") ermittelt. Dabei wurde die quer zum Kappenaufleger als dreieck- oder trapezförmig angenommenen Druckverteilungen näherungsweise durch Treppenfiguren mit je 3 Stufen simuliert. Die Breite des dreieckförmigen bzw. das Verhältnis aus

031

konstanter und linearer Verteilung des trapezförmigen Druckstreifens ist von der jeweils aktuellen Kombination aus Normalkraft und Winkeldrehung abhängig.

In der statischen Berechnung wurden diese Auflagerungsbedingungen durch gelenkige Auflagerung der Kappenenden mit Ausmitte und Drehfeder simuliert. Dabei entspricht die rechnerisch angesetzte Ausmitte jeweils dem Abstand des aktuellen Drehpunktes (oder Festpunktes) vom Kappenende. Die Drehfederkonstante ergab sich dann in Abhängigkeit des jeweiligen Festpunktabstandes vom Kappenende aus dem vom dreieck- oder trapezförmig belasteten Fels geweckten Widerstand, bzw. aus der Weichheit der Anschüttung im Sohlbereich. Die Festpunktabstände der Kappenenden werden iterativ ermittelt, d. h. sie werden gezielt variiert, bis die in beiden Festpunkten angesetzten Gelenkauflager keine Kräfte mehr übernehmen.

Die Kämpferdrücke und Endmomente werden dann voll durch den jeweils aus der Verformung des Felses und der Fahrsohle geweckten Druckwiderständen aufgenommen.

Als Lasten aus Versatzdruck auf die Versatzwand wurde im einzelnen der Fall mit 4 m Versatzsäule in Firsthöhe untersucht. Für die daraus ermittelte Lastverteilung wurde einmal die Kappe im ungerissenen und einmal im gerissenen Zustand berechnet. Der gerissene Zustand wurde durch die Anordnung eines ausmittigen Gelenkes simuliert. Dabei wurde die Ausmitte stets mit  $e = 16,7$  cm angesetzt. Aus den errechneten Gelenkverdrehungen ergaben sich Rißweiten unter Gebrauchslast, wie sie entsprechend der Rißbreitenbeschränkung für Stahlbeton zulässig sind.





032

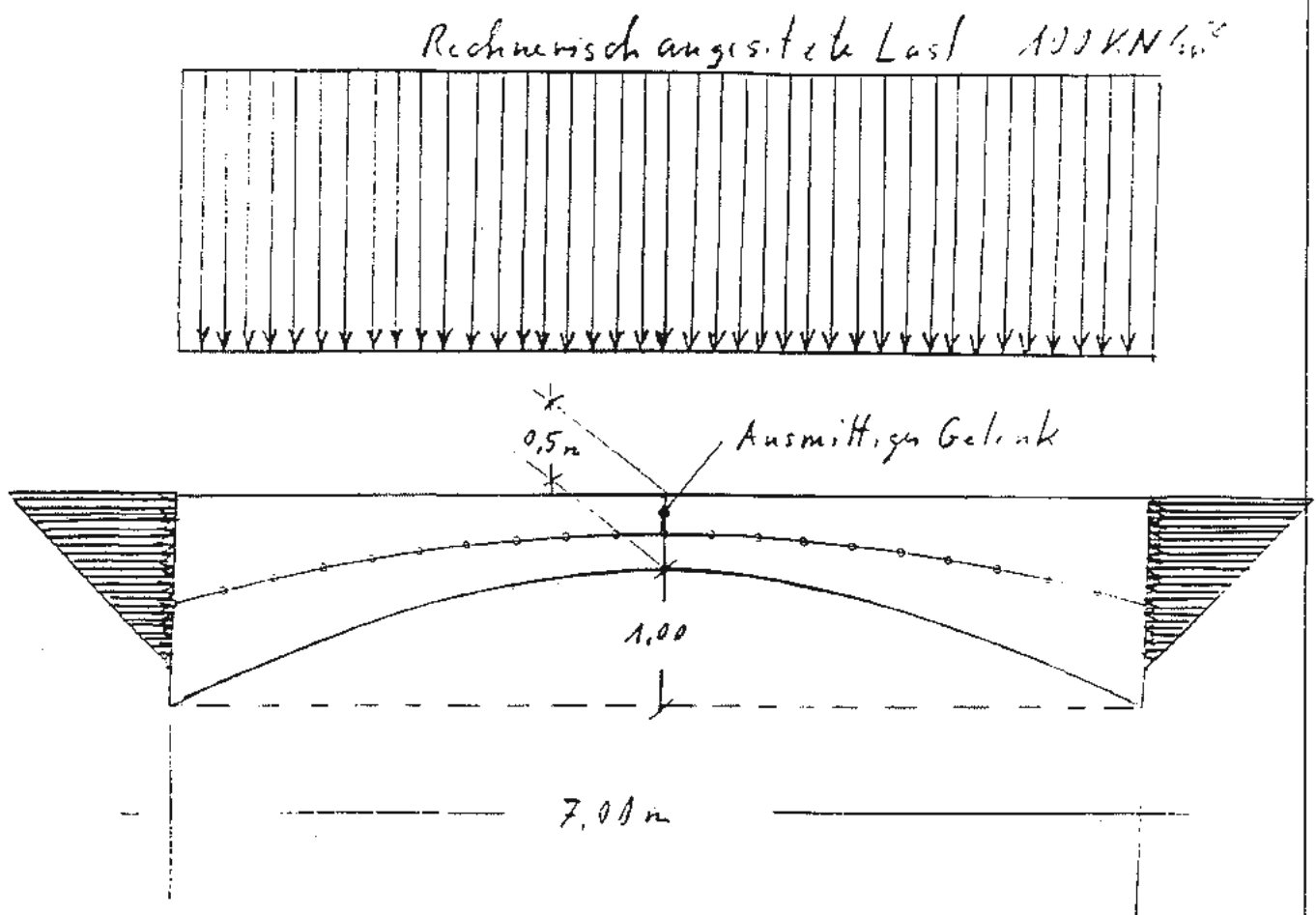


Bild 1: Statisches System für Lastabtragung in Querrichtung

033

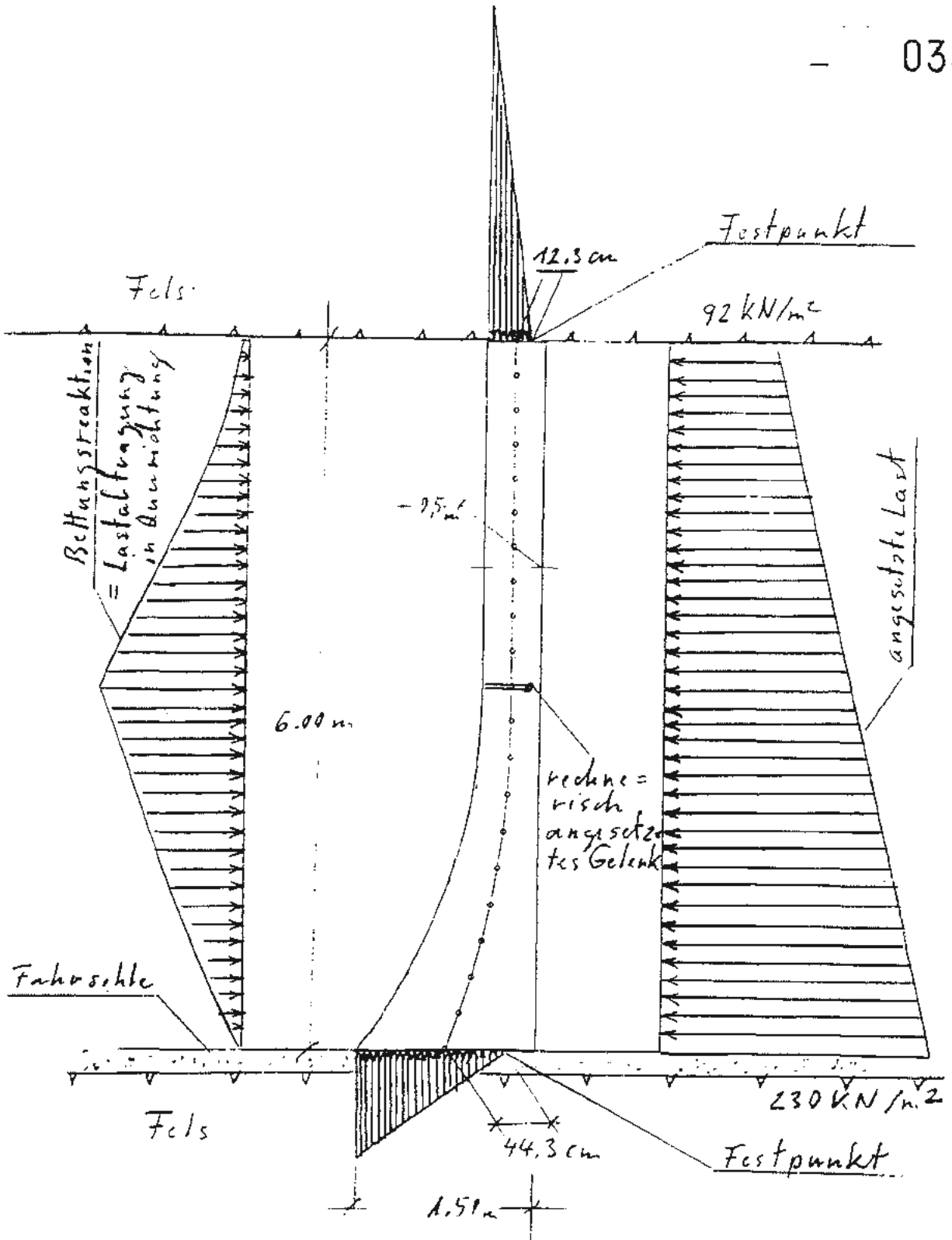


Bild 2: Vertikales Tragsystem mit Gelenk



034

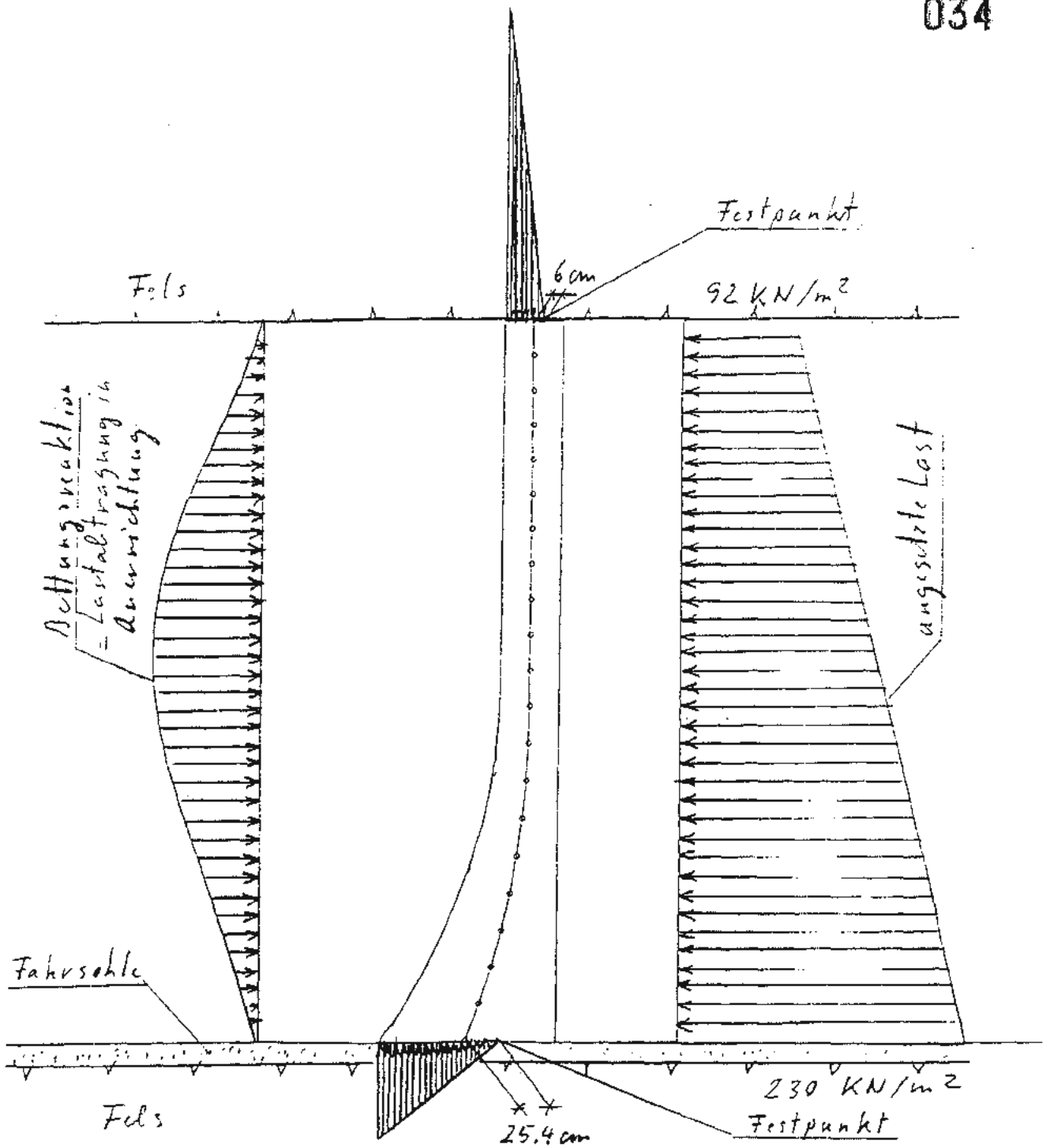


Bild 3: Vertikales Tragsystem ohne Gelenk

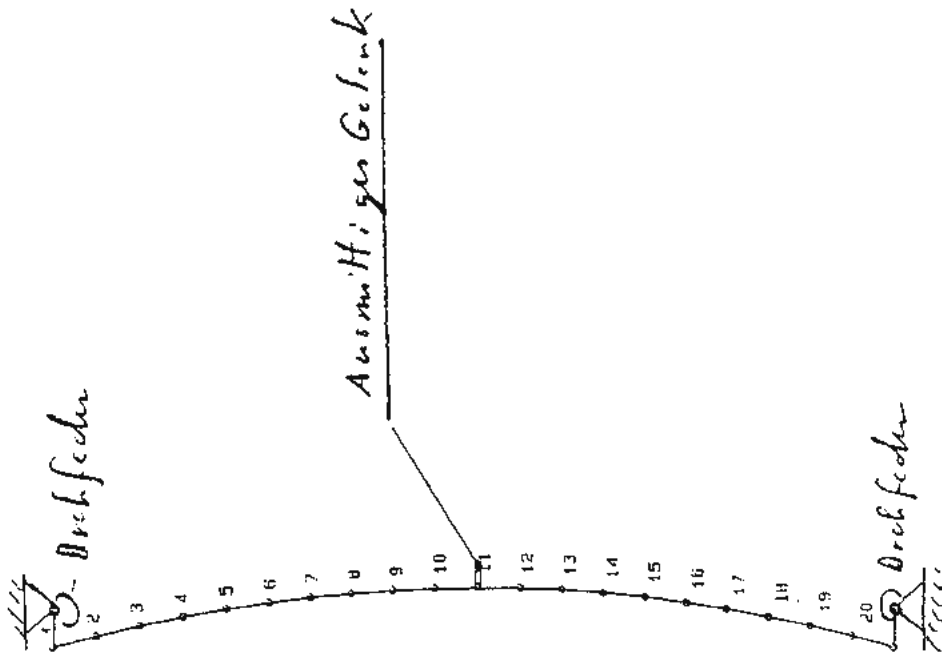
035

### 3.3.2 Berechnungsfall 1

Über die Lastabtragung in Querrichtung sind nachstehend 4 Nachweise geführt, d. h. ohne und mit Gelenkbildung und jeweils entsprechend einem Gebirgs-E-Modul von  $1500 \text{ MN/m}^2$  und  $1000 \text{ MN/m}^2$ .

Über die Lastabtragung in senkrechter Richtung mit Berücksichtigung der Querlastabtragung als Bettung sind zwei Nachweise geführt, d. h. ohne und mit Gelenkbildung.





036

System

[Symbol] .23 [m]

Proj.: Endlagerung Konrad

Pos.: Versatzwand Quertragssystem

037

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANVOUTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTARKE VON ca HALBER HOHE BIS FIRSTE: 0.50 m,  
 MAXIMALE WANDSTARKE AN SOHLE UND STÖSSEN: Dmax = 1.50 m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG  
 DIE ENDEINSPANNUNG ENTSPRICHT EINEM FELS-E-MODUL IM STOß  
 VON  $E_f = 1500 \text{ MN/m}^2$

ANGESETZTE (GLEICH-) LAST:  $P = 100 \text{ kN/m}^2$

NACHWEIS OHNE VERTIKALRISS = KEIN GELENK

FELD- NR.	SCHALEN- DICKE (CM)	BIEGE- STEIFIGKEIT (MN*M**2)	LÄNGS- STEIFIGKEIT (MN)	BETTUNGSZIFFER	
				RADIAL (MN/M**2)	TANGENTIAL (MN/M**2)
1	140.50	6933.76	42150.00	0.00	0.00
2	122.50	4595.66	36750.00	0.00	0.00
3	106.50	3019.87	31950.00	0.00	0.00
4	92.50	1978.63	27750.00	0.00	0.00
5	80.50	1304.15	24150.00	0.00	0.00
6	70.50	876.01	21150.00	0.00	0.00
7	62.50	610.35	18750.00	0.00	0.00
8	56.50	450.91	16950.00	0.00	0.00
9	52.50	361.76	15750.00	0.00	0.00
10	50.50	321.97	15150.00	0.00	0.00
11	50.50	321.97	15150.00	0.00	0.00
12	52.50	361.76	15750.00	0.00	0.00
13	56.50	450.91	16950.00	0.00	0.00
14	62.50	610.35	18750.00	0.00	0.00
15	70.50	876.01	21150.00	0.00	0.00
16	80.50	1304.15	24150.00	0.00	0.00
17	92.50	1978.63	27750.00	0.00	0.00
18	106.50	3019.87	31950.00	0.00	0.00
19	122.50	4595.66	36750.00	0.00	0.00
20	140.50	6933.76	42150.00	0.00	0.00



038

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANWÜTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTLIGE WANDSTÄRKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE:  $\varnothing.50$  m  
 MAXIMALE WANDSTÄRKE AN SOHLE UND STÖSSEN:  $D_{max} = 1.50$  m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG  
 DIE ENDEINSPANNUNG ENTSPRICHT EINEM FELS-E-MODUL IM STOSS  
 VON  $E_f = 1500$ . MN/m<sup>2</sup>  
 ANGESETZTE (GLEICH-) LAST:  $P = 100$ . KN/m<sup>2</sup>  
 NACHWEIS OHNE VERTIKALRISS = KEIN GELENK

KNOTEN- NR.	KNOTEN-KOORDINATEN		TANGENTEN- RICHTUNG	RADIUS	MITTELPUNKTS-KOORD.	
	- X -	- Y -			- X -	- Y -
1	-0.750	0.000	74.052	13.628	-13.854	-3.745
2	-0.655	-0.350	75.576	13.348	-13.582	-3.675
3	-0.570	-0.700	77.123	13.103	-13.344	-3.620
4	-0.495	-1.050	78.688	12.887	-13.132	-3.578
5	-0.430	-1.400	80.271	12.706	-12.953	-3.547
6	-0.375	-1.750	81.868	12.553	-12.802	-3.526
7	-0.330	-2.100	83.479	12.434	-12.683	-3.512
8	-0.295	-2.450	85.100	12.342	-12.592	-3.504
9	-0.270	-2.800	86.729	12.283	-12.533	-3.501
10	-0.255	-3.150	88.363	12.252	-12.502	-3.500
11	-0.250	-3.500	90.000	12.253	-12.503	-3.500
12	-0.255	-3.850	91.637	12.282	-12.532	-3.499
13	-0.270	-4.200	93.271	12.343	-12.593	-3.496
14	-0.295	-4.550	94.900	12.432	-12.682	-3.488
15	-0.330	-4.900	96.521	12.555	-12.803	-3.474
16	-0.375	-5.250	98.132	12.705	-12.952	-3.453
17	-0.430	-5.600	99.730	12.889	-13.133	-3.422
18	-0.495	-5.950	101.312	13.102	-13.342	-3.380
19	-0.570	-6.300	102.877	13.350	-13.584	-3.325
20	-0.655	-6.650	104.423	13.627	-13.852	-3.256
21	-0.750	-7.000	105.948	13.627	-13.852	-3.256

039

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANVOUTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTÄRKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE: 0.50 m  
 MAXIMALE WANDSTÄRKE AN SOHLE UND STÖSSEN:  $D_{max} = 1.50$  m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG  
 DIE ENDEINSPANNUNG ENTSPRICHT EINEM FELS-E-MODUL IM STOSS  
 VON  $E_f = 1500$ , MN/m<sup>2</sup>

ANGESETZTE (GLEICH-) LAST:  $P = 100$ , kN/m<sup>2</sup>  
 NACHWEIS OHNE VERTIKALRISS = KEIN GELENK

KNOTEN- NR.	RADIAL- VERSCH. (MM)	TANGENTIAL- VERSCH. (MM)	ROTATION ( $\theta/\theta\theta$ )	VERTIKAL- VERSCH. (MM)	HORIZONTAL- VERSCH. (MM)
1	0.06	-0.20	-0.59	0.20	0.00
2	-0.17	-0.20	-0.60	0.15	-0.21
3	-0.39	-0.20	-0.61	0.11	-0.42
4	-0.61	-0.19	-0.61	0.07	-0.64
5	-0.83	-0.18	-0.61	0.03	-0.85
6	-1.05	-0.16	-0.59	0.01	-1.06
7	-1.26	-0.13	-0.55	-0.01	-1.26
8	-1.44	-0.10	-0.47	-0.02	-1.44
9	-1.59	-0.07	-0.35	-0.02	-1.59
10	-1.68	-0.04	-0.19	-0.01	-1.68
11	-1.72	0.00	0.00	0.00	-1.72
12	-1.68	0.04	0.19	0.01	-1.68
13	-1.59	0.07	0.35	0.02	-1.59
14	-1.44	0.10	0.47	0.02	-1.44
15	-1.26	0.13	0.55	0.01	-1.26
16	-1.05	0.16	0.59	-0.01	-1.06
17	-0.83	0.18	0.61	-0.03	-0.85
18	-0.61	0.19	0.61	-0.07	-0.64
19	-0.39	0.20	0.61	-0.11	-0.42
20	-0.17	0.20	0.60	-0.15	-0.21
0	0.06	0.20	0.59	-0.20	0.00



040

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANVDOUTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTÄRKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE:  $0.50\text{ m}$   
 MAXIMALE WANDSTÄRKE AN SOHLE UND STÖSSEN:  $D_{\text{max}} = 1.50\text{ m}$

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG  
 DIE ENDEINSPANNUNG ENTSPRICHT EINEM FELS-E-MODUL IM STOß  
 VON  $E_f = 15000\text{ MN/m}^2$

ANGESETZTE (GLEICH-) LAST:  $P = 100\text{ kN/m}^2$

NACHWEIS OHNE VERTIKALRISS = KEIN GELENK

KNOTEN- NR.	QUER- KRAFT (KN)	NORMAL- KRAFT (KN)	BIEGE- MOMENT (KN*M)	VERTIKAL- KRAFT (KN)	HORIZONTAL- KRAFT (KN)
1	-200.82	-571.06	-190.39	493.90	-350.00
2	-182.05	-556.79	-120.94	493.90	-315.00
3	-162.89	-543.88	-58.80	493.90	-280.00
4	-143.36	-532.36	-3.96	493.90	-245.00
5	-123.51	-522.28	43.56	493.90	-210.00
6	-103.38	-513.69	83.77	493.90	-175.00
7	-83.00	-506.60	116.67	493.90	-140.00
8	-62.43	-501.06	142.26	493.90	-105.00
9	-41.70	-497.09	160.54	493.90	-70.00
10	-20.88	-494.70	171.50	493.90	-35.00
11	0.00	-493.90	175.16	493.90	0.00
12	20.88	-494.70	171.50	493.90	35.00
13	41.70	-497.09	160.54	493.90	70.00
14	62.43	-501.06	142.26	493.90	105.00
15	83.00	-506.60	116.67	493.90	140.00
16	103.38	-513.68	83.77	493.90	175.00
17	123.51	-522.28	43.56	493.90	210.00
18	143.36	-532.36	-3.96	493.90	245.00
19	162.88	-543.88	-58.80	493.90	280.00
20	182.05	-556.79	-120.94	493.90	315.00
21	200.82	-571.06	-190.39	493.90	350.00

041

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANVOUTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTARKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE:  $0.50 \text{ m}$   
 MAXIMALE WANDSTARKE AN SOHLE UND STÖSSEN:  $D_{\text{max}} = 1.50 \text{ m}$

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG  
 DIE ENDEINSPANNUNG ENTSPRICHT EINEM FELS-E-MÖDUL IM STOß  
 VON  $E_T = 15000 \text{ MN/m}^2$   
 ANGESETZTE (GLEICH-) LAST:  $P = 1000 \text{ kN/m}^2$   
 NACHWEIS OHNE VERTIKALRISS = KEIN GELENK

## RADIAL - LASTEN

## TANGENTIAL - LASTEN

FELD- NR.	FELD- ANFANG	MITTEL- WERT	FELD- ENDE	FELD- ANFANG	MITTEL- WERT	FELD- ENDE
1	-92.450	-93.133	-93.796	-26.419	-25.277	-24.124
2	-93.796	-94.425	-95.033	-24.124	-22.930	-21.726
3	-95.033	-95.604	-96.152	-21.726	-20.485	-19.234
4	-96.152	-96.660	-97.144	-19.234	-17.950	-16.657
5	-97.144	-97.584	-97.999	-16.657	-15.334	-14.003
6	-97.999	-98.367	-98.710	-14.003	-12.646	-11.283
7	-98.710	-99.003	-99.270	-11.283	-9.900	-8.511
8	-99.270	-99.486	-99.674	-8.511	-7.106	-5.697
9	-99.674	-99.810	-99.918	-5.697	-4.277	-2.856
10	-99.918	-99.973	-100.000	-2.856	-1.428	0.000
11	-100.000	-99.973	-99.918	0.000	1.428	2.856
12	-99.918	-99.810	-99.674	2.856	4.277	5.697
13	-99.674	-99.486	-99.270	5.697	7.106	8.511
14	-99.270	-99.003	-98.710	8.511	9.900	11.283
15	-98.710	-98.368	-97.999	11.283	12.646	14.003
16	-97.999	-97.584	-97.144	14.003	15.334	16.657
17	-97.144	-96.660	-96.152	16.657	17.950	19.234
18	-96.152	-95.604	-95.033	19.234	20.485	21.726
19	-95.033	-94.425	-93.796	21.726	22.930	24.123
20	-93.796	-93.133	-92.450	24.123	25.277	26.419

042

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANVOLTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTÄRKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE:  $d = 50$  m  
 MAXIMALE WANDSTÄRKE AN SOHLE UND STÖSSEN:  $D_{max} = 1.50$  m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG  
 DIE ENDEINSPANNUNG ENTSPRICHT EINEM FELS-E-MODUL IM STOSS  
 VON  $E_f = 1000$  MN/m<sup>2</sup>

ANGESETZTE (GLEICH-) LAST:  $P = 100$  kN/m<sup>2</sup>

NACHWEIS OHNE VERTIKALRISS = KEIN GELENK

FELD- NR.	SCHALEN- DICKE (CM)	BIEGE- STEIFIGKEIT (MN*M**2)	LÄNGS- STEIFIGKEIT (MN)	SETZUNGSZIFFER	
				RADIAL (MN/M**3)	TANGENTIAL (MN/M**3)
1	140.50	6933.76	42150.00	0.00	0.00
2	122.50	4595.66	36750.00	0.00	0.00
3	106.50	3019.87	31950.00	0.00	0.00
4	92.50	1978.63	27750.00	0.00	0.00
5	80.50	1304.15	24150.00	0.00	0.00
6	70.50	876.01	21150.00	0.00	0.00
7	62.50	610.35	18750.00	0.00	0.00
8	56.50	450.91	16950.00	0.00	0.00
9	52.50	361.76	15750.00	0.00	0.00
10	50.50	321.97	15150.00	0.00	0.00
11	50.50	321.97	15150.00	0.00	0.00
12	52.50	361.76	15750.00	0.00	0.00
13	56.50	450.91	16950.00	0.00	0.00
14	62.50	610.35	18750.00	0.00	0.00
15	70.50	876.01	21150.00	0.00	0.00
16	80.50	1304.15	24150.00	0.00	0.00
17	92.50	1978.63	27750.00	0.00	0.00
18	106.50	3019.87	31950.00	0.00	0.00
19	122.50	4595.66	36750.00	0.00	0.00
20	140.50	6933.76	42150.00	0.00	0.00

- 043

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANWÖLTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTARKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE: 0.50 m  
 MAXIMALE WANDSTARKE AN SOHLE UND STÖSSEN:  $D_{max} = 1.50$  m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG  
 DIE ENDEINSPANNUNG ENTSPRICHT EINEM FELS-E-MODUL IM STOß  
 VON  $E_f = 10000$  MN/m<sup>2</sup>  
 ANGESETZTE (GLEICH-) LAST:  $P = 1000$  kN/m<sup>2</sup>  
 NACHWEIS OHNE VERTIKALRISS = KEIN GELENK

KNOTEN- NR.	KNOTEN-KOORDINATEN		TANGENTEN- RICHTUNG	RADIUS	MITTELPUNKTS-KOORD.	
	- X -	- Y -			- X -	- Y -
1	-0.750	0.000	74.052	13.628	-13.254	-3.743
2	-0.655	-0.350	75.576	13.348	-13.582	-3.675
3	-0.570	-0.700	77.123	13.103	-13.344	-3.620
4	-0.495	-1.050	78.688	12.887	-13.132	-3.578
5	-0.430	-1.400	80.271	12.706	-12.953	-3.547
6	-0.375	-1.750	81.868	12.553	-12.802	-3.526
7	-0.330	-2.100	83.479	12.434	-12.683	-3.512
8	-0.295	-2.450	85.100	12.342	-12.592	-3.504
9	-0.270	-2.800	86.729	12.283	-12.533	-3.501
10	-0.255	-3.150	88.363	12.252	-12.502	-3.500
11	-0.250	-3.500	90.000	12.252	-12.503	-3.500
12	-0.255	-3.850	91.637	12.282	-12.532	-3.499
13	-0.270	-4.200	93.271	12.343	-12.593	-3.496
14	-0.295	-4.550	94.900	12.432	-12.682	-3.488
15	-0.330	-4.900	96.521	12.555	-12.803	-3.474
16	-0.375	-5.250	98.132	12.705	-12.952	-3.453
17	-0.430	-5.600	99.730	12.889	-13.133	-3.422
18	-0.495	-5.950	101.312	13.102	-13.342	-3.380
19	-0.570	-6.300	102.877	13.350	-13.584	-3.325
20	-0.655	-6.650	104.423	13.627	-13.852	-3.256
0	-0.750	-7.000	105.948	13.627	-13.852	-3.256

044

## VERSATZWAND ZECHEN KONRAD

VARIANTE: KEINE ANVOUTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTÄRKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE: 0.50 m  
 MAXIMALE WANDSTÄRKE AN SOHLE UND STÖSSEN: D<sub>max</sub> = 1.50 m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG  
 DIE ENDEINSPANNUNG ENTSPRICHT EINEM FELS-E-MODUL IM STOSS  
 VON E<sub>f</sub> = 1000. MN/m<sup>2</sup>  
 ANGESETZTE (GLEICH-) LAST: P = 100. kN/m<sup>2</sup>  
 NACHWEIS OHNE VERTIKALPISS = KEIN GELENK

KNOTEN- NR.	RADIAL- VERSCH. (MM)	TANGENTIAL- VERSCH. (MM)	ROTATION (1/100)	VERTICAL- VERSCH. (MM)	HORIZONTAL- VERSCH. (MM)
1	0.08	-0.28	-0.78	0.29	0.00
2	-0.21	-0.28	-0.79	0.28	-0.28
3	-0.50	-0.28	-0.79	0.16	-0.55
4	-0.79	-0.27	-0.79	0.11	-0.83
5	-1.08	-0.25	-0.78	0.06	-1.11
6	-1.36	-0.22	-0.75	0.03	-1.37
7	-1.62	-0.19	-0.69	0.00	-1.63
8	-1.85	-0.15	-0.59	-0.01	-1.86
9	-2.04	-0.10	-0.44	-0.02	-2.04
10	-2.16	-0.05	-0.24	-0.01	-2.16
11	-2.20	0.00	0.00	0.00	-2.20
12	-2.16	0.05	0.24	0.01	-2.16
13	-2.04	0.10	0.44	0.02	-2.04
14	-1.85	0.15	0.59	0.01	-1.86
15	-1.62	0.19	0.69	0.00	-1.63
16	-1.36	0.22	0.75	-0.03	-1.37
17	-1.08	0.25	0.78	-0.06	-1.11
18	-0.79	0.27	0.79	-0.11	-0.83
19	-0.50	0.28	0.79	-0.16	-0.55
20	-0.21	0.28	0.79	-0.22	-0.28
0	0.08	0.28	0.78	-0.29	0.00

045

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANWÖLTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTARKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE: 0.50 m  
 MAXIMALE WANDSTARKE AN SOHLE UND STÖSSEN:  $D_{max} = 1.50$  m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG  
 DIE ENDEINSPANNUNG ENTSPRICHT EINEM FELS-E-MODUL IM STOß  
 VON  $E_f = 1000$  MN/m<sup>2</sup>  
 ANGESETZTE (GLEICH-) LAST:  $P = 100$  KN/m<sup>2</sup>  
 NACHWEIS OHNE VERTIKALRISS = KEIN GELENK

KNOTEN- NR.	QUER- KRAFT (KN)	NORMAL- KRAFT (KN)	SIEGE- MOMENT (KN*M)	VERTIKAL- KRAFT (KN)	HORIZONTAL- KRAFT (KN)
1	-212.97	-528.53	-168.50	449.67	-350.00
2	-193.06	-513.96	-94.85	449.67	-315.00
3	-172.74	-500.76	-28.94	449.67	-280.00
4	-152.04	-488.99	29.21	449.67	-245.00
5	-130.99	-478.69	79.60	449.67	-210.00
6	-109.63	-469.90	122.25	449.67	-175.00
7	-88.03	-462.66	157.14	449.67	-140.00
8	-66.21	-457.00	184.27	449.67	-105.00
9	-44.23	-452.93	203.66	449.67	-70.00
10	-22.14	-450.49	215.29	449.67	-35.00
11	0.00	-449.67	219.16	449.67	0.00
12	22.14	-450.49	215.29	449.67	35.00
13	44.23	-452.93	203.66	449.67	70.00
14	66.21	-457.00	184.27	449.67	105.00
15	88.03	-462.66	157.14	449.67	140.00
16	109.64	-469.90	122.25	449.67	175.00
17	130.99	-478.69	79.60	449.67	210.00
18	152.04	-488.99	29.21	449.67	245.00
19	172.74	-500.76	-28.94	449.67	280.00
20	193.07	-513.96	-94.85	449.67	315.00
0	212.97	-528.53	-168.50	449.67	350.00

046

## VERSATZWAND ZECHÉ KONRAD

VARIANTE: KEINE ANVOUUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTARKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE:  $\varnothing 0,50$  m  
 MAXIMALE WANDSTARKE AN SOHLE UND STÖßEN:  $D_{max} = 1,50$  m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG  
 DIE ENDEINSPANNUNG ENTSPRICHT EINEM FELS-E-MODUL IM STOß  
 VON  $E_f = 1000$  MN/m<sup>2</sup>  
 ANGESETZTE (GLEICH-) LAST:  $P = 100$  KN/m<sup>2</sup>  
 NACHWEIS OHNE VERTIKALRISS = KEIN GELENK

## RADIAL - LASTEN

## TANGENTIAL - LASTEN

FELD- NR.	FELD- ANFANG	MITTEL- WERT	FELD- ENDE	FELD- ANFANG	MITTEL- WERT	FELD- ENDE
1	-92,450	-93,133	-93,796	-26,419	-25,277	-24,124
2	-93,796	-94,425	-95,033	-24,124	-22,930	-21,726
3	-95,033	-95,604	-96,152	-21,726	-20,485	-19,234
4	-96,152	-96,660	-97,144	-19,234	-17,950	-16,657
5	-97,144	-97,584	-97,999	-16,657	-15,334	-14,003
6	-97,999	-98,367	-98,710	-14,003	-12,646	-11,283
7	-98,710	-99,003	-99,270	-11,283	-9,900	-8,511
8	-99,270	-99,486	-99,674	-8,511	-7,106	-5,697
9	-99,674	-99,810	-99,918	-5,697	-4,277	-2,856
10	-99,918	-99,973	-100,000	-2,856	-1,428	0,000
11	-100,000	-99,973	-99,918	0,000	1,428	2,855
12	-99,918	-99,810	-99,674	2,855	4,277	5,697
13	-99,674	-99,486	-99,270	5,697	7,106	8,511
14	-99,270	-99,003	-98,710	8,511	9,900	11,284
15	-98,710	-98,368	-97,999	11,284	12,646	14,003
16	-97,999	-97,584	-97,144	14,003	15,334	16,657
17	-97,144	-96,660	-96,152	16,657	17,950	19,234
18	-96,152	-95,604	-95,033	19,234	20,485	21,726
19	-95,033	-94,425	-93,796	21,726	22,930	24,123
20	-93,796	-93,133	-92,450	24,123	25,277	26,419

047

## VERSATZWAND ZECHÉ KONRAD

VARIANTE: KEINE ANVOUUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTÄRKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE:  $0.50\text{ m}$   
 MAXIMALE WANDSTÄRKE AN SOHLE UND STÖßEN:  $D_{\text{max}} = 1.50\text{ m}$

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG  
 DIE ENDEINSPANNUNG ENTSPRICHT EINEM FELS-E-MODUL IM STOß  
 VON  $E_f = 1500. \text{ MN/m}^2$   
 ANGESETZTE (GLEICH-) LAST:  $P = 100. \text{ kN/m}^2$   
 EIN ANGENOMMENER VERTIKALRISS IN DER WANDMITTE WIRD DURCH  
 AUSMITTIGES GELENK SIMULIERT

FELD- NR.	SCHALEN- DICKE (CM)	BIEGE- STEIFIGKEIT (MN*M**2)	LÄNGS- STEIFIGKEIT (MN)	BETTUNGSZIFFER	
				RADIAL (MN/M**3)	TANGENTIAL (MN/M**3)
1	140.50	6933.76	42150.00	0.00	0.00
2	122.50	4595.66	36750.00	0.00	0.00
3	106.50	3019.87	31950.00	0.00	0.00
4	92.50	1978.63	27750.00	0.00	0.00
5	80.50	1304.15	24150.00	0.00	0.00
6	70.50	876.01	21150.00	0.00	0.00
7	62.50	610.35	18750.00	0.00	0.00
8	56.50	450.91	16950.00	0.00	0.00
9	52.50	361.76	15750.00	0.00	0.00
10	50.50	321.97	15150.00	0.00	0.00
11	50.50	321.97	15150.00	0.00	0.00
12	52.50	361.76	15750.00	0.00	0.00
13	56.50	450.91	16950.00	0.00	0.00
14	62.50	610.35	18750.00	0.00	0.00
15	70.50	876.01	21150.00	0.00	0.00
16	80.50	1304.15	24150.00	0.00	0.00
17	92.50	1978.63	27750.00	0.00	0.00
18	106.50	3019.87	31950.00	0.00	0.00
19	122.50	4595.66	36750.00	0.00	0.00
20	140.50	6933.76	42150.00	0.00	0.00



048

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANWÖLUTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTÄRKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE: 0.50 m  
 MAXIMALE WANDSTÄRKE AN SOHLE UND STÜSSEN:  $D_{max} = 1.50$  m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG  
 DIE ENDEINSPANNUNG ENTSPRICHT EINEM FELS-E-MODUL IM STOß  
 VON  $E_f = 15000$  MN/m<sup>2</sup>

ANGESETZTE (GLEICH-) LAST:  $P = 100$  kN/m<sup>2</sup>  
 EIN ANGENOMMENER VERTIKALRISS IN DER WANDMITTE WIRD DURCH  
 AUSMITTIGES BELENK SIMULIERT

KNOTEN- NR.	KNOTEN-KOORDINATEN		TANGENTEN- RICHTUNG	RADIUS	MITTELPUNKT-KOORD.	
	- X -	- Y -			- X -	- Y -
1	-0.750	0.000	74.052	13.628	-13.854	-3.245
2	-0.655	-0.250	75.576	13.343	-13.582	-3.675
3	-0.570	-0.700	77.123	13.103	-13.344	-4.120
4	-0.495	-1.050	78.688	12.887	-13.132	-4.578
5	-0.430	-1.400	80.271	12.706	-12.953	-5.047
6	-0.375	-1.750	81.868	12.553	-12.802	-5.525
7	-0.330	-2.100	83.479	12.434	-12.683	-6.012
8	-0.295	-2.450	85.100	12.348	-12.592	-6.504
9	-0.270	-2.800	86.729	12.283	-12.533	-7.001
10	-0.255	-3.150	88.363	12.252	-12.502	-7.500
11	-0.250	-3.500	90.000	12.252	-12.502	-8.000
12	-0.255	-3.850	91.637	12.282	-12.532	-8.499
13	-0.270	-4.200	93.271	12.343	-12.593	-8.996
14	-0.295	-4.550	94.900	12.432	-12.682	-9.488
15	-0.330	-4.900	96.521	12.555	-12.803	-9.974
16	-0.375	-5.250	98.132	12.705	-12.952	-10.453
17	-0.430	-5.600	99.730	12.889	-13.133	-10.922
18	-0.495	-5.950	101.312	13.102	-13.342	-11.380
19	-0.570	-6.300	102.877	13.350	-13.584	-11.825
20	-0.655	-6.650	104.423	13.627	-13.852	-12.256
21	-0.750	-7.000	105.948	13.927	-14.142	-12.675

049

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANWÖLUTUNG ZUR FIRSTE HIN

MITTIGE WANDSTARKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE: 0.50 m

 MAXIMALE WANDSTARKE AN SCHLE UND STÖSSEN:  $D_{max} = 1.50$  m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG

 DIE ENDEINSPANNUNG ENTSPRICHT EINEM FELS-E-MODUL IM STOß  
 VON  $E_f = 1500$  MN/m<sup>2</sup>

 ANGESETZTE (GLEICH-) LAST:  $F = 100$  kN/m<sup>2</sup>

 EIN ANGENOMMENER VERTIKALRISS IN DER WANDMITTE WIRD DURCH  
 AUSMITTIGES GELENK SIMULIERT

KNOTEN- NR.	RADIAL- VERSCH. (MM)	TANGENTIAL- VERSCH. (MM)	ROTATION ( $\varnothing/\varnothing\varnothing$ )	VERTIKAL- VERSCH. (MM)	HORIZONTAL- VERSCH. (MM)
1	0.08	-0.27	-0.64	0.29	0.00
2	-0.16	-0.28	-0.65	0.23	-0.23
3	-0.41	-0.28	-0.66	0.18	-0.46
4	-0.65	-0.27	-0.67	0.14	-0.69
5	-0.90	-0.26	-0.67	0.10	-0.93
6	-1.14	-0.24	-0.67	0.07	-1.17
7	-1.38	-0.21	-0.66	0.05	-1.40
8	-1.61	-0.18	-0.62	0.04	-1.62
9	-1.83	-0.15	-0.56	0.04	-1.83
10	-2.01	-0.10	-0.46	0.05	-2.01
0	-2.15	-0.06	-0.35	0.06	-2.15
11	-2.15	0.06	0.35	-0.06	-2.15
12	-2.01	0.10	0.46	-0.05	-2.01
13	-1.83	0.15	0.56	-0.04	-1.83
14	-1.61	0.18	0.62	-0.04	-1.62
15	-1.38	0.21	0.66	-0.05	-1.40
16	-1.14	0.24	0.67	-0.07	-1.17
17	-0.90	0.26	0.67	-0.10	-0.93
18	-0.65	0.27	0.67	-0.14	-0.69
19	-0.41	0.28	0.66	-0.18	-0.46
20	-0.16	0.28	0.65	-0.23	-0.23
0	0.08	0.27	0.64	-0.29	0.00

- 050

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANWÖLUTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTARKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE:  $\varnothing 1.50$  m  
 MAXIMALE WANDSTARKE AN SOHLE UND STÖSSEN:  $D_{max} = 1.50$  m

NACHWEISE DER LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG  
 DIE ENDEINSPANNUNG ENTSPRICHT EINEM FELS-E-MODUL IM STOß  
 VON  $E_f = 1500$  MN/m<sup>2</sup>

ANGESETZTE (GLEICH-) LAST:  $P = 100$  kN/m<sup>2</sup>  
 EIN ANGENOMMENER VERTIKALRISS IN DER WANDMITTE WIRD DURCH  
 AUSMITTIGES GELENK SIMULIERT

KNOTEN- NR.	QUER- KRAFT (KN)	NORMAL- KRAFT (KN)	BIEGE- MOMENT (KN*M)	VERTIKAL- KRAFT (KN)	HORIZONTAL- KRAFT (KN)
1	-171.22	-674.64	-211.41	601.63	-350.00
2	-155.21	-661.13	-152.19	601.63	-315.00
3	-138.87	-648.90	-99.20	601.63	-280.00
4	-122.23	-638.00	-52.45	601.63	-245.00
5	-105.31	-628.47	-11.93	601.63	-210.00
6	-88.14	-620.34	22.35	601.63	-175.00
7	-70.77	-613.64	50.40	601.63	-140.00
8	-53.23	-608.40	72.22	601.63	-105.00
9	-35.56	-604.65	87.81	601.63	-70.00
10	-17.80	-602.39	97.16	601.63	-35.00
0	0.00	-601.63	100.27	601.63	0.00
11	0.00	-601.63	100.27	601.63	0.00
12	17.80	-602.39	97.16	601.63	35.00
13	35.56	-604.65	87.81	601.63	70.00
14	53.23	-608.40	72.22	601.63	105.00
15	70.77	-613.64	50.40	601.63	140.00
16	88.14	-620.34	22.35	601.63	175.00
17	105.31	-628.47	-11.93	601.63	210.00
18	122.23	-638.00	-52.45	601.63	245.00
19	138.87	-648.90	-99.20	601.63	280.00
20	155.21	-661.13	-152.19	601.63	315.00
0	171.22	-674.65	-211.41	601.63	350.00

051

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANVOUTUNG ZUR FIRSTE HIN

 MITTIGE WANDSTARKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE:  $\varnothing.50$  m

 MAXIMALE WANDSTARKE AN SOHLE UND STÖSSEN:  $D_{max} = 1.50$  m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG

 DIE ENDEINSPANNUNG ENTSPRICHT EINEM FELS-E-MODUL IM STOSS  
 VON  $E_f = 1500$  MN/m<sup>2</sup>

 ANGESETZTE (GLEICH-) LAST:  $P = 100$  kN/m<sup>2</sup>

 EIN ANGENOMMENER VERTIKALRISS IN DER WANDMITTE WIRD DURCH  
 AUSMITTIGES GELENK SIMULIERT

## RADIAL - LASTEN

## TANGENTIAL - LASTEN

FELD- NR.	FELD- ANFANG	MITTEL- WERT	FELD- ENDE	FELD- ANFANG	MITTEL- WERT	FELD- ENDE
1	-92.450	-93.133	-93.796	-26.419	-25.277	-24.124
2	-93.796	-94.425	-95.033	-24.124	-22.930	-21.726
3	-95.033	-95.604	-96.152	-21.726	-20.485	-19.234
4	-96.152	-96.660	-97.144	-19.234	-17.950	-16.657
5	-97.144	-97.584	-97.999	-16.657	-15.334	-14.000
6	-97.999	-98.367	-98.710	-14.000	-12.646	-11.283
7	-98.710	-99.003	-99.270	-11.283	-9.900	-8.511
8	-99.270	-99.486	-99.674	-8.511	-7.186	-5.697
9	-99.674	-99.810	-99.918	-5.697	-4.277	-2.856
10	-99.918	-99.973	-100.000	-2.856	-1.428	0.000
11	-100.000	-99.973	-99.918	0.000	1.428	2.856
12	-99.918	-99.810	-99.674	2.856	4.277	5.697
13	-99.674	-99.486	-99.270	5.697	7.186	8.511
14	-99.270	-99.003	-98.710	8.511	9.900	11.284
15	-98.710	-98.368	-97.999	11.284	12.646	14.000
16	-97.999	-97.584	-97.144	14.000	15.334	16.657
17	-97.144	-96.660	-96.152	16.657	17.950	19.234
18	-96.152	-95.604	-95.033	19.234	20.485	21.726
19	-95.033	-94.425	-93.796	21.726	22.930	24.123
20	-93.796	-93.133	-92.450	24.123	25.277	26.419

052

## VERSATZWAND ZECHEN KONRAD

VARIANTE: KEINE ANWÖLUTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTÄRKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE:  $0,50\text{ m}$   
 MAXIMALE WANDSTÄRKE AN SOHLE UND STÖSSEN:  $D_{\text{max}} = 1,50\text{ m}$

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG  
 DIE ENDEINSPANNUNG ENTSPRICHT EINEM FELS-E-MODUL IM STOß  
 VON  $E_f = 10000\text{ MN/m}^2$   
 ANGESETZTE (GLEICH-) LAST:  $P = 100\text{ kN/m}^2$   
 EIN ANGENOMMENER VERTIKALRISS IN DER WANDMITTE WIRD DURCH  
 AUSMITTIGES GELENK SIMULIERT

FELD- NR.	SCHALEN- DICKE (CM)	BIEGE- STEIFIGKEIT (MN*M**2)	LÄNGS- STEIFIGKEIT (MN)	BETTUNGSZIFFER	
				RADIAL (MN/M**3)	TANGENTIAL (MN/M**3)
1	140.50	6933.76	42150.00	0.00	0.00
2	122.50	4595.66	36750.00	0.00	0.00
3	106.50	3019.87	31950.00	0.00	0.00
4	92.50	1978.63	27750.00	0.00	0.00
5	80.50	1304.15	24150.00	0.00	0.00
6	70.50	876.01	21150.00	0.00	0.00
7	62.50	610.35	18750.00	0.00	0.00
8	56.50	450.91	16950.00	0.00	0.00
9	52.50	361.76	15750.00	0.00	0.00
10	50.50	321.97	15150.00	0.00	0.00
11	50.50	321.97	15150.00	0.00	0.00
12	52.50	361.76	15750.00	0.00	0.00
13	56.50	450.91	16950.00	0.00	0.00
14	62.50	610.35	18750.00	0.00	0.00
15	70.50	876.01	21150.00	0.00	0.00
16	80.50	1304.15	24150.00	0.00	0.00
17	92.50	1978.63	27750.00	0.00	0.00
18	106.50	3019.87	31950.00	0.00	0.00
19	122.50	4595.66	36750.00	0.00	0.00
20	140.50	6933.76	42150.00	0.00	0.00

053

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANVOUTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTARKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE: 0.50 m  
 MAXIMALE WANDSTARKE AN SOHLE UND STÖSSEN: D<sub>max</sub> = 1.50 m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG  
 DIE ENDEINSPANNUNG ENTSPRICHT EINEM FELS-E-MODUL IM STOß  
 VON E<sub>f</sub> = 1000. MN/m<sup>2</sup>

ANGESETZTE (GLEICH-) LAST: P = 100. kN/m<sup>2</sup>  
 EIN ANGENOMMENER VERTIKALRISS IN DER WANDMITTE WIRD DURCH  
 AUSMITTIGES GELENK SIMULIERT

KNOTEN- NR.	KNOTEN-KOORDINATEN		TANGENTEN- RICHTUNG	RADIUS	MITTELPUNKT-KOORD.	
	- X -	- Y -			- X -	- Y -
1	-0.750	-0.000	74.052	12.628	-12.854	-3.745
2	-0.655	-0.350	75.576	13.348	-12.522	-3.675
3	-0.570	-0.700	77.123	13.103	-12.344	-3.620
4	-0.495	-1.050	78.688	12.887	-12.132	-3.578
5	-0.430	-1.400	80.271	12.706	-12.953	-3.547
6	-0.375	-1.750	81.868	12.553	-12.802	-3.526
7	-0.330	-2.100	83.479	12.424	-12.682	-3.512
8	-0.295	-2.450	85.100	12.342	-12.592	-3.504
9	-0.270	-2.800	86.729	12.283	-12.533	-3.501
10	-0.255	-3.150	88.363	12.252	-12.502	-3.500
0	-0.250	-3.500	90.000	12.252	-12.502	-3.500
11	-0.250	-3.500	90.000	12.253	-12.503	-3.500
12	-0.255	-3.850	91.637	12.282	-12.532	-3.499
13	-0.270	-4.200	93.271	12.343	-12.593	-3.496
14	-0.295	-4.550	94.900	12.432	-12.682	-3.488
15	-0.330	-4.900	96.521	12.555	-12.803	-3.474
16	-0.375	-5.250	98.132	12.705	-12.952	-3.453
17	-0.430	-5.600	99.730	12.889	-13.133	-3.422
18	-0.495	-5.950	101.312	13.102	-13.342	-3.380
19	-0.570	-6.300	102.877	13.350	-13.584	-3.325
20	-0.655	-6.650	104.423	13.627	-13.852	-3.256
0	-0.750	-7.000	105.948	13.627	-13.852	-3.256

054

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANVOUTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTARKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE:  $\varnothing.50$  m  
 MAXIMALE WANDSTARKE AN SOHLE UND STÖSSEN:  $D_{max} = 1.50$  m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG  
 DIE ENDEINSPANNUNG ENTSPRICHT EINEM FELS-E-MODUL IM STOSS  
 VON  $E_f = 10000$  MN/m<sup>2</sup>  
 ANGESETZTE (GLEICH-) LAST:  $P = 100$  kN/m<sup>2</sup>  
 EIN ANGENOMMENER VERTIKALRISS IN DER WANDMITTE WIRD DURCH  
 AUSMITTIGES GELENK SIMULIERT

KNOTEN- NR.	RADIAL- VERSCH. (MM)	TANGENTIAL- VERSCH. (MM)	ROTATION ( $\varnothing/\varnothing\varnothing$ )	VERTIKAL- VERSCH. (MM)	HORIZONTAL- VERSCH. (MM)
1	0.13	-0.45	-0.92	0.47	0.00
2	-0.22	-0.45	-0.93	0.38	-0.32
3	-0.57	-0.45	-0.94	0.31	-0.65
4	-0.92	-0.44	-0.94	0.25	-0.98
5	-1.26	-0.41	-0.95	0.19	-1.32
6	-1.61	-0.38	-0.94	0.15	-1.65
7	-1.95	-0.34	-0.93	0.12	-1.98
8	-2.28	-0.29	-0.89	0.10	-2.30
9	-2.59	-0.24	-0.82	0.09	-2.60
10	-2.87	-0.17	-0.73	0.09	-2.87
0	-3.11	-0.10	-0.62	0.10	-3.11
11	-3.11	0.10	0.62	-0.10	-3.11
12	-2.87	0.17	0.73	-0.09	-2.87
13	-2.59	0.24	0.82	-0.09	-2.60
14	-2.28	0.29	0.89	-0.10	-2.30
15	-1.95	0.34	0.93	-0.12	-1.98
16	-1.61	0.38	0.94	-0.15	-1.65
17	-1.26	0.41	0.95	-0.19	-1.32
18	-0.92	0.44	0.94	-0.25	-0.98
19	-0.57	0.45	0.94	-0.31	-0.65
20	-0.22	0.45	0.93	-0.38	-0.32
0	0.13	0.45	0.92	-0.47	0.00

055

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANVDOUTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTARKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE:  $\varnothing 50$  m  
 MAXIMALE WANDSTARKE AN SOHLE UND STÄSSEN:  $D_{max} = 1.50$  m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG  
 DIE ENDEINSPANNUNG ENTSPRICHT EINEM FELS-E-MODUL IN STOß  
 VON  $E_f = 1000$  MN/m<sup>2</sup>

ANGESETZTE (GLEICH-) LAST:  $P = 100$  kN/m<sup>2</sup>

EIN ANGENOMMENER VERTIKALRISS IN DER WANDMITTE WIRD DURCH  
 AUSMITTIGES GELENK SIMULIERT

KNOTEN- NR.	QUER- KRAFT (KN)	NORMAL- KRAFT (KN)	BIEGE- MOMENT (KN*M)	VERTIKAL- KRAFT (KN)	HORIZONTAL- KRAFT (KN)
1	-167.86	-686.41	-203.25	613.87	-350.00
2	-152.16	-672.99	-145.19	613.87	-315.00
3	-136.15	-660.84	-93.25	613.87	-280.00
4	-119.83	-650.00	-47.41	613.87	-245.00
5	-103.24	-640.53	-7.69	613.87	-210.00
6	-86.41	-632.45	25.92	613.87	-175.00
7	-69.38	-625.80	53.42	613.87	-140.00
8	-52.18	-620.60	74.81	613.87	-105.00
9	-34.86	-616.87	90.89	613.87	-70.00
10	-17.45	-614.62	99.26	613.87	-35.00
0	0.00	-613.87	102.31	613.87	0.00
11	0.00	-613.87	102.31	613.87	0.00
12	17.45	-614.62	99.26	613.87	35.00
13	34.86	-616.87	90.89	613.87	70.00
14	52.18	-620.60	74.81	613.87	105.00
15	69.38	-625.80	53.42	613.87	140.00
16	86.41	-632.45	25.92	613.87	175.00
17	103.24	-640.53	-7.69	613.87	210.00
18	119.83	-650.00	-47.41	613.87	245.00
19	136.15	-660.84	-93.25	613.87	280.00
20	152.17	-672.99	-145.19	613.87	315.00
0	167.85	-686.41	-203.25	613.87	350.00



056

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANWÖLUTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTARKE VON ca HALBER HOHE BIS FIRSTE: 0.50 m  
 MAXIMALE WANDSTARKE AN SOHLE UND STÖßEN:  $D_{max} = 1.50$  m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG  
 DIE ENDEINSPANNUNG ENTSPRICHT EINEM FELS-E-MODUL IM STOß  
 VON  $E_f = 1000$  MN/m<sup>2</sup>  
 ANGESETZTE (GLEICH-) LAST:  $P = 100$  kN/m<sup>2</sup>  
 EIN ANGENOMMENER VERTIKALRISS IN DER WANDMITTE WIRD DURCH  
 AUSMITTIGES GELENK SIMULIERT

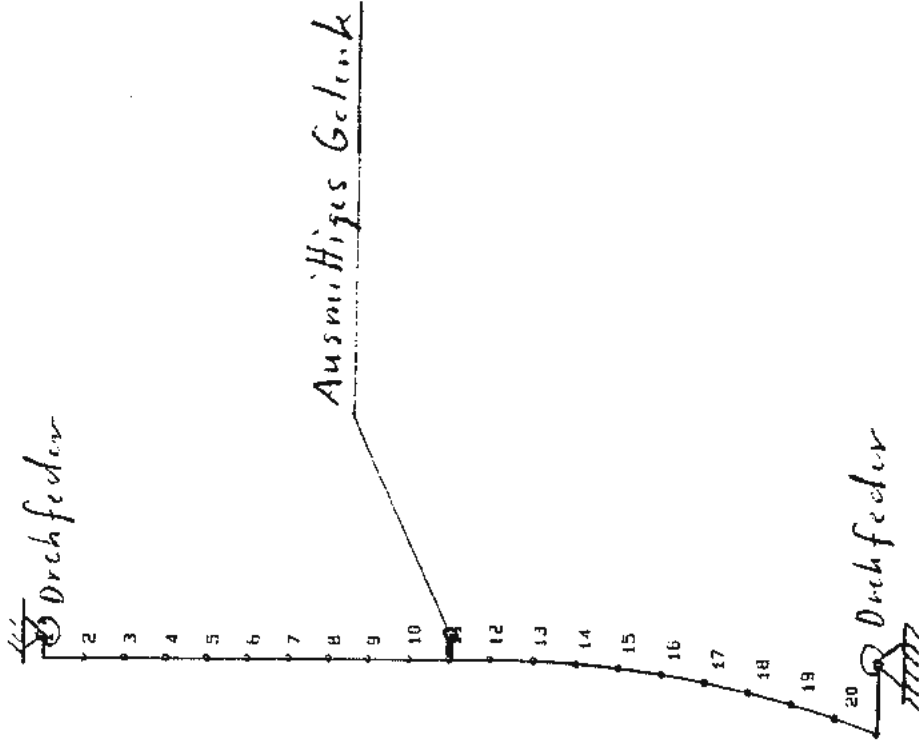
## RADIAL - LASTEN

## TANGENTIAL - LASTEN

FELD- NR.	FELD- ANFANG	MITTEL- WERT	FELD- ENDE	FELD- ANFANG	MITTEL- WERT	FELD- ENDE
1	-92.450	-93.133	-93.796	-26.419	-25.277	-24.124
2	-93.796	-94.425	-95.033	-24.124	-22.930	-21.726
3	-95.033	-95.604	-96.152	-21.726	-20.485	-19.234
4	-96.152	-96.660	-97.144	-19.234	-17.950	-16.537
5	-97.144	-97.584	-97.999	-16.657	-15.334	-14.003
6	-97.999	-98.367	-98.710	-14.003	-12.646	-11.283
7	-98.710	-99.003	-99.270	-11.283	-9.900	-8.511
8	-99.270	-99.486	-99.674	-8.511	-7.106	-5.697
9	-99.674	-99.810	-99.918	-5.697	-4.277	-2.856
10	-99.918	-99.973	-100.000	-2.856	-1.428	0.000
11	-100.000	-99.973	-99.918	0.000	1.428	2.856
12	-99.918	-99.810	-99.674	2.856	4.277	5.697
13	-99.674	-99.486	-99.270	5.697	7.106	8.511
14	-99.270	-99.003	-98.710	8.511	9.900	11.284
15	-98.710	-98.368	-97.999	11.284	12.646	14.003
16	-97.999	-97.584	-97.144	14.003	15.334	16.657
17	-97.144	-96.660	-96.152	16.657	17.950	19.234
18	-96.152	-95.604	-95.033	19.234	20.485	21.726
19	-95.033	-94.425	-93.796	21.726	22.930	24.123
20	-93.796	-93.133	-92.450	24.123	25.277	26.419



057



System  
 19 [m]

Proj.: Endlagerung Konrad  
 Pos.: Versatzwand Variante



MM

058

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANVOUTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTARKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE:  $\varnothing$ .50 m  
 MAXIMALE WANDSTARKE AN SOHLE UND STÖSSEN:  $D_{max} = 1.50$  m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN SENKRECHTER RICHTUNG  
 DIE LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG WIRD SIMULIERT DURCH  
 ELASTISCHE BETTUNG MIT:  $C = 40$  MN/m<sup>3</sup>  
 ÜBERDRUCK IN FIRSTHÖHE ENTSPRECHEND 4 m VERSATZSAULE  
 NACHWEIS OHNE QUERRISS = KEIN GELENK

FELD- NR.	SCHALEN- DICKE (CM)	BIEGE- STEIFIGKEIT (MN*M**2)	LANGS- STEIFIGKEIT (MN)	BETTUNGSZIFFER	
				RADIAL (MN/M**3)	TANGENTIAL (MN/M**3)
1	50.00	312.50	15000.00	40.00	0.00
2	50.00	312.50	15000.00	40.00	0.00
3	50.00	312.50	15000.00	40.00	0.00
4	50.00	312.50	15000.00	40.00	0.00
5	50.00	312.50	15000.00	40.00	0.00
6	50.00	312.50	15000.00	40.00	0.00
7	50.00	312.50	15000.00	40.00	0.00
8	50.00	312.50	15000.00	40.00	0.00
9	50.00	312.50	15000.00	40.00	0.00
10	50.00	312.50	15000.00	40.00	0.00
11	50.00	312.50	15000.00	40.00	0.00
12	50.47	321.48	15142.36	40.00	0.00
13	52.72	366.41	15817.20	40.00	0.00
14	57.30	470.36	17190.35	40.00	0.00
15	64.30	664.62	19290.01	40.00	0.00
16	73.81	1005.46	22144.35	40.00	0.00
17	85.94	1586.73	25781.56	40.00	0.00
18	100.77	2557.89	30229.81	40.00	0.00
19	118.39	4148.54	35517.29	40.00	0.00
20	138.91	6700.62	41672.18	40.00	0.00

059

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANVOUTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTÄRKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE: 0.50 m  
 MAXIMALE WANDSTÄRKE AN SOHLE UND STÖSSEN: D<sub>max</sub> = 1.50 m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN SENKRECHTER RICHTUNG  
 DIE LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG WIRD SIMULIERT DURCH  
 ELASTISCHE BETTUNG MIT: C = 40 MN/m<sup>3</sup>  
 ÜBERDRUCK IN FIRSTHÖHE ENTSPRECHEND 4 m VERSATZSAULE  
 NACHWEIS OHNE QUERRISS = KEIN GELENK

KNOTEN- NR.	KNOTEN-KOORDINATEN		TANGENTEN- RICHTUNG	RADIUS	MITTELPUNKTE-KOORD.	
	- X -	- Y -			- X -	- Y -
1	-0.250	0.000	89.874	200.000	-200.250	-0.438
2	-0.250	-0.292	89.958	200.000	-200.250	-0.438
3	-0.250	-0.584	90.042	200.000	-200.250	-0.438
4	-0.250	-0.876	90.126	200.000	-200.250	-0.438
5	-0.250	-0.876	89.833	200.000	-200.249	-1.460
6	-0.249	-1.168	89.916	200.000	-200.249	-1.460
7	-0.249	-1.460	90.000	200.000	-200.249	-1.460
8	-0.249	-1.752	90.084	200.000	-200.249	-1.460
9	-0.250	-2.044	90.167	200.000	-200.249	-1.460
10	-0.250	-2.044	89.833	200.000	-200.249	-2.628
11	-0.249	-2.336	89.916	200.000	-200.249	-2.628
12	-0.249	-2.628	90.000	200.000	-200.249	-2.628
13	-0.249	-2.920	90.084	200.000	-200.249	-2.628
14	-0.250	-3.212	90.167	200.000	-200.249	-2.628
15	-0.250	-3.212	90.000	8.598	-8.042	-3.212
16	-0.256	-3.522	92.065	8.284	-8.535	-3.223
17	-0.273	-3.831	94.211	8.031	-8.282	-3.242
18	-0.301	-4.141	96.431	7.835	-8.087	-3.264
19	-0.343	-4.451	98.716	7.695	-7.948	-3.285
20	-0.397	-4.761	101.058	7.609	-7.865	-3.301
21	-0.464	-5.071	103.445	7.579	-7.835	-3.308
22	-0.545	-5.380	105.866	7.603	-7.859	-3.302
23	-0.640	-5.690	108.308	7.683	-7.934	-3.277
24	-0.750	-6.000	110.760	7.683	-7.934	-3.277

060

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANVOUTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTÄRKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE:  $\varnothing 50$  m  
 MAXIMALE WANDSTÄRKE AN SOHLE UND STÖSSEN:  $D_{max} = 1.50$  m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN SENKRECHTER RICHTUNG  
 DIE LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG WIRD SIMULIERT DURCH  
 ELASTISCHE BETTUNG MIT:  $C = 40$  MN/m<sup>3</sup>  
 ÜBERDRUCK IN FIRSTHÖHE ENTSPRECHEND 4 m VERSATZSAULE  
 NACHWEIS OHNE QUERRISS = KEIN GELENK

KNOTEN- NR.	RADIAL- VERSCH. (MM)	TANGENTIAL- VERSCH. (MM)	ROTATION ( $\varnothing/\varnothing\varnothing$ )	VERTIKAL- VERSCH. (MM)	HORIZONTAL- VERSCH. (MM)
1	0.00	-0.07	-1.13	0.07	0.00
2	-0.34	-0.07	-1.16	0.07	-0.34
3	-0.67	-0.08	-1.13	0.08	-0.67
4	-0.99	-0.09	-1.07	0.09	-0.99
4	-0.99	-0.09	-1.07	0.09	-0.99
5	-1.29	-0.10	-0.97	0.10	-1.29
6	-1.56	-0.10	-0.84	0.10	-1.56
7	-1.78	-0.11	-0.69	0.11	-1.78
8	-1.96	-0.11	-0.52	0.12	-1.96
8	-1.96	-0.12	-0.52	0.12	-1.96
9	-2.08	-0.13	-0.33	0.12	-2.08
10	-2.15	-0.13	-0.13	0.13	-2.15
11	-2.16	-0.14	0.07	0.14	-2.16
0	-2.11	-0.14	0.27	0.15	-2.11
12	-2.11	-0.15	0.27	0.15	-2.11
13	-2.00	-0.08	0.47	0.15	-1.99
14	-1.93	-0.02	0.64	0.15	-1.82
15	-1.61	0.04	0.75	0.14	-1.60
16	-1.36	0.10	0.83	0.11	-1.36
17	-1.09	0.14	0.86	0.07	-1.10
18	-0.81	0.17	0.88	0.02	-0.82
19	-0.51	0.20	0.88	-0.03	-0.55
20	-0.22	0.21	0.88	-0.13	-0.27
0	0.08	0.21	0.88	-0.22	0.00

061

## VERSATZWAND ZECHÉ KONRAD

VARIANTE: KEINE ANVOÜTUNG ZUR FIRSTE HIN

MITTIGE WANDSTÄRKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE: 0.50 m

 MAXIMALE WANDSTÄRKE AN SOHLE UND STÖSSEN: D<sub>max</sub> = 1.50 m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN SENKRECHTER RICHTUNG

DIE LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG WIRD SIMULIERT DURCH

 ELASTISCHE BETTUNG MIT: C = 40 MN/m<sup>3</sup>

ÜBERDRUCK IN FIRSTHÖHE ENTSPRECHEND 4 m VERSATZSAULE

NACHWEIS OHNE QUERRISS = KEIN GELENK

KNOTEN- NR.	QUER- KRAFT (KN)	NORMAL- KRAFT (KN)	BIEGE- MOMENT (KN*M)	VERTIKAL- KRAFT (KN)	HORIZONTAL- KRAFT (KN)
1	-199.62	-369.58	-54.18	369.14	-200.43
2	-174.26	-369.26	0.35	369.14	-174.53
3	-150.86	-369.03	47.77	369.14	-150.59
0	-129.37	-368.87	88.63	369.15	-129.56
4	-127.48	-369.52	88.63	369.15	-128.56
5	-107.65	-369.28	122.92	369.12	-108.19
6	-89.17	-369.11	151.63	369.11	-89.17
7	-71.58	-369.02	175.08	369.12	-71.04
0	-54.37	-369.02	193.47	369.17	-53.29
8	-52.21	-369.33	193.47	369.17	-53.29
9	-34.79	-369.17	206.16	369.12	-35.33
10	-16.52	-369.10	213.70	369.10	-16.52
11	3.26	-369.13	215.68	369.12	3.80
0	25.24	-369.25	211.58	369.18	26.32
12	26.32	-369.19	211.58	369.18	26.32
13	39.97	-371.31	201.40	369.63	53.32
14	56.82	-376.11	186.49	370.93	64.28
15	77.34	-383.93	165.73	372.90	119.86
16	101.82	-395.34	137.84	375.34	160.55
17	130.35	-410.60	101.44	377.98	206.69
18	162.91	-430.18	55.05	380.51	258.47
19	199.37	-454.46	-2.86	382.64	316.02
20	239.57	-483.77	-73.92	384.02	379.41
0	283.33	-518.49	-159.80	384.32	448.69

062

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANKNOTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTÄRKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE:  $0.50\text{ m}$   
 MAXIMALE WANDSTÄRKE AN SOHLE UND STÄSSEN:  $D_{\text{max}} = 1.50\text{ m}$

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN SENKRECHTER RICHTUNG  
 DIE LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG WIRD SIMULIERT DURCH  
 ELASTISCHE BETTUNG MIT:  $C = 40\text{ MN/m}^3$   
 ÜBERDRUCK IN FIRSTHÖHE ENTSPRECHEND  $4\text{ m}$  VERSATZSÄULE  
 NACHWEIS OHNE GUERRISS = KEIN GELENK

 RADIALE  
 BETTUNGSREAKTIONEN

 TANGENTIALE  
 BETTUNGSREAKTIONEN

FELD- NR.	FELD- ANFANG	MITTEL- WERT	FELD- ENDE	FELD- ANFANG	MITTEL- WERT	FELD- ENDE
1	0.000	-6.646	-13.415	0.000	0.000	0.000
2	-13.415	-20.115	-26.836	0.000	0.000	0.000
3	-26.836	-33.317	-39.741	0.000	0.000	0.000
4	-39.723	-45.755	-51.666	0.000	0.000	0.000
5	-51.666	-57.053	-62.272	0.000	0.000	0.000
6	-62.272	-66.854	-71.227	0.000	0.000	0.000
7	-71.227	-74.870	-78.275	0.000	0.000	0.000
8	-78.248	-80.846	-83.191	0.000	0.000	0.000
9	-83.191	-84.669	-85.889	0.000	0.000	0.000
10	-85.889	-86.200	-86.259	0.000	0.000	0.000
11	-86.259	-85.889	-84.282	0.000	0.000	0.000
12	-84.265	-82.266	-79.838	0.000	0.000	0.000
13	-79.838	-76.618	-73.039	0.000	0.000	0.000
14	-73.039	-68.832	-64.364	0.000	0.000	0.000
15	-64.364	-59.450	-54.371	0.000	0.000	0.000
16	-54.371	-49.002	-43.539	0.000	0.000	0.000
17	-43.539	-37.895	-32.206	0.000	0.000	0.000
18	-32.206	-26.399	-20.578	0.000	0.000	0.000
19	-20.578	-14.675	-8.773	0.000	0.000	0.000
20	-8.773	-2.803	3.155	0.000	0.000	0.000

063

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANWÖLUTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTÄRKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE:  $\varnothing 50$  m  
 MAXIMALE WANDSTÄRKE AN SOHLE UND STÖSSEN:  $D_{max} = 1.50$  m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN SENKRECHTER RICHTUNG  
 DIE LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG WIRD SIMULIERT DURCH  
 ELASTISCHE BETTUNG MIT:  $C = 40$  MN/m<sup>3</sup>  
 ÜBERDRUCK IN FIRSTHÖHE ENTSPRECHEND 4 m VERSATZBAULE  
 NACHWEIS OHNE QUERRISS = KEIN GELENK

## RADIAL - LASTEN

## TANGENTIAL - LASTEN

FELD- NR.	FELD- ANFANG	MITTEL- WERT	FELD- ENDE	FELD- ANFANG	MITTEL- WERT	FELD- ENDE
1	-92.000	-95.358	-99.716	-0.202	-0.138	-0.072
2	-92.716	-102.073	-105.431	-0.072	0.001	0.077
3	-105.431	-108.789	-112.146	0.077	0.160	0.246
4	-112.146	-115.504	-118.862	-0.327	-0.252	-0.173
5	-118.862	-122.220	-125.578	-0.173	-0.088	0.000
6	-125.578	-128.935	-132.293	0.000	0.095	0.193
7	-132.293	-135.650	-139.008	0.193	0.298	0.406
8	-139.008	-142.366	-145.724	-0.406	-0.311	-0.213
9	-145.724	-149.082	-152.440	-0.213	-0.108	0.000
10	-152.440	-155.798	-159.155	0.000	0.115	0.232
11	-159.155	-162.512	-165.869	0.232	0.357	0.484
12	-165.871	-169.360	-172.772	0.000	3.073	6.229
13	-172.772	-176.008	-179.150	6.229	9.670	13.190
14	-179.150	-182.000	-184.898	13.190	16.978	20.840
15	-184.898	-187.467	-189.908	20.840	24.945	29.115
16	-189.908	-192.062	-194.084	29.115	33.496	37.929
17	-194.084	-195.793	-197.344	37.929	42.534	47.177
18	-197.344	-198.569	-199.622	47.177	51.945	56.735
19	-199.622	-200.341	-200.880	56.735	61.599	66.467
20	-200.880	-201.084	-201.102	66.467	71.355	76.230



064

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANWÖLUNG ZUR FIRSTE HIN

 MITTIGE WANDSTARKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE:  $\varnothing,50$  m

 MAXIMALE WANDSTARKE AN SOHLE UND STÖSSEN:  $D_{max} = 1,50$  m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN SENKRECHTER RICHTUNG

DIE LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG WIRD SIMULIERT DURCH

 ELASTISCHE BETTUNG MIT:  $C = 40$  MN/m<sup>3</sup>

ÜBERDRUCK IN FIRSTHÖHE ENTSPRECHEND 4 m VERSATZSAULE

NACHWEIS MIT EINEM DURCH EIN GELENK SIMULIERTEN QUERRISS

FELD- NR.	SCHALEN- DICKE (CM)	BIEGE- STEIFIGKEIT (MN*M**2)	LANGS- STEIFIGKEIT (MN)	BETTUNGSZIFFER	
				RADIAL (MN/M**3)	TANGENTIAL (MN/M**3)
1	50.00	312.50	15000.00	40.00	0.00
2	50.00	312.50	15000.00	40.00	0.00
3	50.00	312.50	15000.00	40.00	0.00
4	50.00	312.50	15000.00	40.00	0.00
5	50.00	312.50	15000.00	40.00	0.00
6	50.00	312.50	15000.00	40.00	0.00
7	50.00	312.50	15000.00	40.00	0.00
8	50.00	312.50	15000.00	40.00	0.00
9	50.00	312.50	15000.00	40.00	0.00
10	50.00	312.50	15000.00	40.00	0.00
11	50.00	312.50	15000.00	40.00	0.00
12	50.47	321.48	15142.36	40.00	0.00
13	52.72	366.41	15817.20	40.00	0.00
14	57.30	470.36	17190.05	40.00	0.00
15	64.30	664.62	19290.01	40.00	0.00
16	73.81	1005.46	22144.35	40.00	0.00
17	85.94	1586.73	25781.56	40.00	0.00
18	100.77	2557.89	30229.01	40.00	0.00
19	118.39	4148.54	35517.29	40.00	0.00
20	138.91	6700.62	41672.18	40.00	0.00

065

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANVOUJUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTARKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE: 0.50 m  
 MAXIMALE WANDSTARKE AN SOHLE UND STÜSSEN: D<sub>max</sub> = 1.50 m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN SENKRECHTER RICHTUNG  
 DIE LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG WIRD SIMULIERT DURCH  
 ELASTISCHE BETTUNG MIT: C = 40 MN/m<sup>3</sup>  
 ÜBERDRUCK IN FIRSTHÖHE ENTSPRECHEND 4 m VERSATZSAULE  
 NACHWEIS MIT EINEM DURCH EIN GELENK SIMULIERTEN QUERRISS

KNOTEN- NR.	KNOTEN-KOORDINATEN		TANGENTEN- RICHTUNG	RADIUS	MITTELPUNKTS-KOORD.	
	- X -	- Y -			- X -	- Y -
1	-0.250	0.000	89.874	200.000	-200.250	-0.438
2	-0.250	-0.292	89.958	200.000	-200.250	-0.436
3	-0.250	-0.584	90.042	200.000	-200.250	-0.438
4	-0.250	-0.876	90.126	200.000	-200.250	-0.438
5	-0.249	-1.168	89.833	200.000	-200.249	-1.460
6	-0.249	-1.460	90.000	200.000	-200.249	-1.460
7	-0.249	-1.752	90.084	200.000	-200.249	-1.460
8	-0.250	-2.044	90.167	200.000	-200.249	-1.460
9	-0.249	-2.336	89.833	200.000	-200.249	-2.628
10	-0.249	-2.628	90.000	200.000	-200.249	-2.628
11	-0.249	-2.920	90.084	200.000	-200.249	-2.628
12	-0.250	-3.212	90.167	200.000	-200.249	-2.628
13	-0.257	-3.522	90.167	8.598	-8.848	-3.187
14	-0.274	-3.831	92.232	8.284	-8.535	-3.199
15	-0.304	-4.141	94.378	8.031	-8.282	-3.218
16	-0.346	-4.451	96.598	7.835	-8.087	-3.241
17	-0.401	-4.760	98.883	7.695	-7.949	-3.262
18	-0.469	-5.070	101.225	7.609	-7.865	-3.279
19	-0.551	-5.379	103.612	7.579	-7.835	-3.286
20	-0.647	-5.689	106.033	7.603	-7.859	-3.288
21	-0.758	-5.998	108.476	7.683	-7.935	-3.254
22	-0.758	-5.998	110.927	7.683	-7.935	-3.254



066

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANVOUTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTÄRKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE:  $\varnothing.50$  m  
 MAXIMALE WANDSTÄRKE AN SOHLE UND STÖSSEN:  $D_{max} = 1.50$  m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN SENKRECHTER RICHTUNG  
 DIE LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG WIRD SIMULIERT DURCH  
 ELASTISCHE BETTUNG MIT:  $C = 40$  MN/m<sup>3</sup>  
 ÜBERDRUCK IN FIRSTHÖHE ENTSPRECHEND 4 m VERSATZSÄULE  
 NACHWEIS MIT EINEM DURCH EIN GELENK SIMULIERTEN QUERRISS

KNOTEN- NR.	RADIAL- VERSCH. (MM)	TANGENTIAL- VERSCH. (MM)	ROTATION ( $\varnothing/\varnothing\varnothing$ )	VERTIKAL- VERSCH. (MM)	HORIZONTAL- VERSCH. (MM)
1	0.00	-0.15	-1.20	0.15	0.00
2	-0.36	-0.16	-1.24	0.16	-0.36
3	-0.72	-0.17	-1.25	0.17	-0.72
0	-1.09	-0.17	-1.23	0.18	-1.08
4	-1.08	-0.18	-1.23	0.18	-1.08
5	-1.44	-0.19	-1.18	0.19	-1.44
6	-1.78	-0.20	-1.13	0.20	-1.78
7	-2.09	-0.20	-1.06	0.21	-2.09
0	-2.39	-0.21	-0.98	0.22	-2.39
8	-2.39	-0.22	-0.98	0.22	-2.39
9	-2.66	-0.23	-0.90	0.23	-2.66
10	-2.91	-0.23	-0.81	0.23	-2.91
0	-3.14	-0.24	-0.73	0.24	-3.14
11	-3.14	0.02	0.81	-0.01	-3.14
0	-2.89	0.01	0.89	0.00	-2.89
12	-2.89	0.00	0.89	0.00	-2.89
13	-2.60	0.09	0.96	0.01	-2.61
14	-2.29	0.17	1.01	0.00	-2.30
15	-1.96	0.25	1.05	-0.02	-1.98
16	-1.62	0.31	1.06	-0.06	-1.65
17	-1.27	0.36	1.07	-0.11	-1.32
18	-0.92	0.40	1.07	-0.17	-0.99
19	-0.56	0.43	1.06	-0.26	-0.66
20	-0.20	0.44	1.05	-0.35	-0.33
0	0.16	0.43	1.05	-0.46	0.00

067

## VERSATZWAND ZECHEN KONRAD

VARIANTE: KEINE ANVOGUNG ZUR FIRSE HIN  
 MITTIGE WANDSTÄRKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSE:  $\varnothing 0.50$  m  
 MAXIMALE WANDSTÄRKE AN SOHLE UND STÖSSEN:  $D_{max} = 1.50$  m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN SENKRECHTER RICHTUNG  
 DIE LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG WIRD SIMULIERT DURCH  
 ELASTISCHE BETTUNG MIT:  $C = 40$  MN/m<sup>3</sup>  
 ÜBERDRUCK IN FIRSEHÖHE ENTSPRECHEND 4 m VERSATZSAULE  
 NACHWEIS MIT EINEM DURCH EIN GELENK SIMULIERTEN QUERRISS

KNOTEN- NR.	QUER- KRAFT (KN)	NORMAL- KRAFT (KN)	SIEGE- MOMENT (KN*M)	VERTIKAL- KRAFT (KN)	HORIZONTAL- KRAFT (KN)
1	-147.64	-498.51	-62.50	498.18	-148.73
2	-162.59	-498.27	-23.10	498.18	-122.95
3	-99.82	-498.11	9.31	498.18	-99.45
4	-79.34	-498.02	35.41	498.20	-78.25
5	-76.79	-498.42	35.41	498.20	-78.25
6	-58.52	-498.25	55.12	498.16	-59.25
7	-42.33	-498.15	69.79	498.15	-42.33
8	-28.02	-498.13	80.02	498.17	-27.29
9	-15.35	-498.18	86.31	498.23	-13.89
10	-12.44	-498.26	86.31	498.23	-13.89
11	-1.13	-498.16	88.26	498.16	-1.05
12	9.09	-498.14	87.08	498.14	9.09
13	18.49	-498.19	83.03	498.16	19.22
14	18.49	-498.19	83.03	498.16	19.22
15	30.00	-498.33	76.07	498.24	31.45
16	31.45	-498.24	76.07	498.15	32.91
17	31.86	-500.47	66.41	498.85	51.32
18	37.23	-504.91	55.84	500.59	75.66
19	47.65	-511.98	42.78	503.11	106.16
20	63.14	-522.13	25.61	506.12	143.02
21	83.64	-535.82	2.66	509.29	186.35
22	109.04	-553.47	-27.76	512.27	236.24
23	139.20	-575.51	-67.39	514.68	292.74
24	173.99	-602.30	-118.04	516.12	355.89
25	213.28	-634.20	-181.60	516.19	425.74

068

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANVOUTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTÄRKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE:  $\varnothing 50$  m  
 MAXIMALE WANDSTÄRKE AN SOHLE UND STÖßEN:  $D_{max} = 1.50$  m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN SENKRECHTER RICHTUNG  
 DIE LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG WIRD SIMULIERT DURCH  
 ELASTISCHE BETTUNG MIT:  $C = 40$  MN/m<sup>3</sup>  
 ÜBERDRUCK IN FIRSTHÖHE ENTSPRECHEND 4 m VERSATZSAULE  
 NACHWEIS MIT EINEM DURCH EIN GELENK SIMULIERTEN QUERRISS

 RADIALE  
 BETTUNGSREAKTIONEN

 TANGENTIALE  
 BETTUNGSREAKTIONEN

FELD- NR.	FELD- ANFANG	MITTEL- WERT	FELD- ENDE	FELD- ANFANG	MITTEL- WERT	FELD- ENDE
1	0.013	-7.085	-14.323	0.000	0.000	0.000
2	-14.323	-21.584	-28.917	0.000	0.000	0.000
3	-28.917	-36.156	-43.414	0.000	0.000	0.000
4	-43.377	-50.446	-57.494	0.000	0.000	0.000
5	-57.494	-64.278	-71.012	0.000	0.000	0.000
6	-71.012	-77.427	-83.773	0.000	0.000	0.000
7	-83.773	-89.757	-95.664	0.000	0.000	0.000
8	-95.613	-101.130	-106.567	0.000	0.000	0.000
9	-106.567	-111.602	-116.561	0.000	0.000	0.000
10	-116.561	-121.116	-125.607	0.000	0.000	0.000
11	-125.607	-129.603	-115.663	0.000	0.000	0.000
12	-115.664	-109.985	-104.140	0.000	0.000	0.000
13	-104.140	-97.989	-91.708	0.000	0.000	0.000
14	-91.708	-85.185	-78.573	0.000	0.000	0.000
15	-78.573	-71.784	-64.942	0.000	0.000	0.000
16	-64.942	-57.974	-50.981	0.000	0.000	0.000
17	-50.981	-43.894	-36.800	0.000	0.000	0.000
18	-36.800	-29.629	-22.462	0.000	0.000	0.000
19	-22.462	-15.224	-7.997	0.000	0.000	0.000
20	-7.997	-0.698	6.535	0.000	0.000	0.000

069

## VERSATZWAND ZECHE KONRAD

VARIANTE: KEINE ANVOUTUNG ZUR FIRSTE HIN  
 MITTIGE WANDSTÄRKE VON ca HALBER HÖHE BIS FIRSTE:  $\varnothing 50$  m  
 MAXIMALE WANDSTÄRKE AN SOHLE UND STÖSSEN:  $D_{max} = 1.50$  m

NACHWEIS DER LASTABTRAGUNG IN SENKRECHTER RICHTUNG  
 DIE LASTABTRAGUNG IN QUERRICHTUNG WIRD SIMULIERT DURCH  
 ELASTISCHE BETTUNG MIT:  $C = 40$  MN/m<sup>3</sup>  
 ÜBERDRUCK IN FIRSTHÖHE ENTSPRECHEND 4 m VERSATZSÄULE  
 NACHWEIS MIT EINEM DURCH EIN GELENK SIMULIERTEN QUERRISS

## RADIAL - LASTEN

## TANGENTIAL - LASTEN

FELD- NR.	FELD- ANFANG	MITTEL- WERT	FELD- ENDE	FELD- ANFANG	MITTEL- WERT	FELD- ENDE
1	-92.000	-95.358	-98.716	-0.202	-0.138	-0.072
2	-98.716	-102.073	-105.431	-0.072	0.001	0.077
3	-105.431	-108.789	-112.146	0.077	0.160	0.246
4	-112.146	-115.504	-118.862	-0.327	-0.252	-0.173
5	-118.862	-122.220	-125.578	-0.173	-0.088	0.000
6	-125.578	-128.935	-132.293	0.000	0.095	0.193
7	-132.293	-135.650	-139.008	0.193	0.298	0.406
8	-139.008	-142.366	-145.724	-0.406	-0.311	-0.213
9	-145.724	-149.082	-152.440	-0.213	-0.108	0.000
10	-152.440	-155.798	-159.155	0.000	0.115	0.232
11	-159.155	-162.512	-165.869	0.232	0.357	0.484
12	-165.869	-169.340	-172.733	0.484	3.567	6.733
13	-172.733	-175.949	-179.070	6.733	10.162	13.709
14	-179.070	-181.976	-184.771	13.709	17.504	21.372
15	-184.771	-187.315	-189.730	21.372	25.482	29.655
16	-189.730	-191.863	-193.851	29.655	34.038	38.472
17	-193.851	-195.532	-197.053	38.472	43.075	47.717
18	-197.053	-198.248	-199.271	47.717	52.480	57.265
19	-199.271	-199.959	-200.466	57.265	62.120	66.980
20	-200.466	-200.640	-200.626	66.980	71.858	76.720

070

### 3.3.3 Berechnungsfall 2

#### Befüllung der Einlagerungskammern mit Dickstoff über Wetterbohrlöcher

Für den Berechnungsfall 2 wird in Erweiterung des Berechnungsfalles 1 die Auswirkung der entstehenden Druckausbreitung aus der Sturzversatztechnik auf die Standsicherheit der Versatzwand (Kammerabschlusswand) untersucht.

Die maximale Versturzhöhe wurde mit 100 m vorgegeben, der Durchmesser des Wetterbohrloches zu 1,20 m.

Die maximale Füllmenge beträgt  $40 \text{ m}^3/\text{h}$ . Das entspricht  $0.26 \text{ KN}/\text{sec} = 26 \text{ kg}/\text{sec}$ .

Die Fallgeschwindigkeit unter Vernachlässigung des Luftwiderstandes beträgt:

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 100} \quad 45 \text{ m}/\text{sec}$$

Die Impulsänderung/Zeit, die mit dem Eintauchen des versturzten Materials in dem Flüssig dickstoff erwirkt wird, beträgt:

$$m \times v/t = 26 \times 45 \text{ kg} \times \text{m}/\text{sec}^2 = 1170 \text{ N} = 1,2 \text{ KN}$$

Diese Kraft wird kontinuierlich von dem bereits verfüllten Material aufgenommen.

071

Die maximale Druckerhöhung, die im verfüllten Flüssigbeton dadurch verursacht wird, entsteht, wenn der Dickstoffspiegel bis in das Wetterbohrloch gestiegen ist.

Die Druckerhöhung beträgt dann

$\Delta$  = Kraft aus Impulsänderung/pro Querschnittsfläche des Wetterschachtes =

$$= 1,2/.6^2 \times \pi = 1,06 \text{ KN/m}^2$$

Das Ergebnis der Berechnung zeigt, daß eine erhöhte Belastung aus Verstürzen des Dickstoffs durch Wetterbohlöcher nur zu erwarten ist, wenn der Dickstoffspiegel in dem jeweiligen Wetterbohrloch steht, und somit die Freispiegelfläche des Dickstoffs auf die Querschnittsfläche des Wetterbohrloches beschränkt ist. Ferner entfällt die erhöhte Belastung aus Verstürzen des Dickstoffs, wenn dieser mit Hosenrohr, d. h. nicht im freien Fall eingebracht wird.



072

### 3.4 Festlegung der konstruktiven Abmessungen der Versatzwand

Entsprechend den Vorgaben der DBE ist aus strahlentechnischen Randbedingungen für die Versatzwand eine Mindestdicke von 50 cm vorgegeben. Diese Wandstärke wurde für die Bauteilmitte festgelegt. Aufgrund der statischen Berechnungen und aus Standortsicherheitsgründen wird die Versatzwand in horizontaler Richtung konkav mit einem Stich von ca. 1,0 m und vertikal mit einer Anvoutung im Sohlbereich ausgeführt (Anlage 1).

### 4. Zusammenfassende Bewertung

Als Ergebnis der vorliegenden statischen Untersuchungen läßt sich feststellen, daß die Ausführung der Versatzwand als unbewehrte Konstruktion unter den angeführten Voraussetzungen realisierbar ist.

Als wesentliche Parameter der Berechnung sind zu nennen:

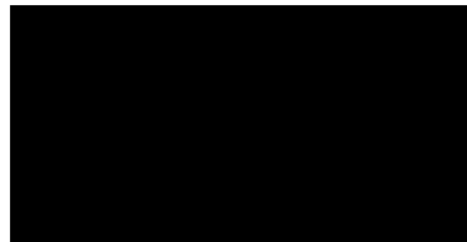
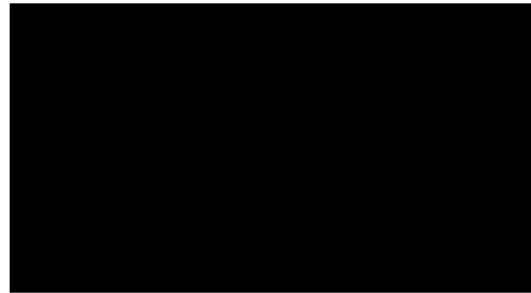
	ohne Querriß	mit Querriß
Moment	215,68	83,03
Normalkraft	369,13	498,16
Ausmitte	0,584 m	
Gelenkverdrehung		1,54 ‰
bei 2 m Überdruck		≈ (1,10 ‰)

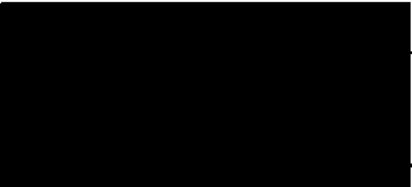
073

Wesentliche Voraussetzung für das Tragverhalten der Versatzwand ist die luftseitige Ausbildung der Versatzwand als linsenförmig konkave Konstruktion zu den Stößen hin mit einem Stich von ca. 1 m in Bauteilmitte und die Erfüllung der Festigkeitsanforderung von  $20 \text{ N/mm}^2$  an den Spritzbeton zum Zeitpunkt des Befüllens mit Dickstoff.

Bei Einhaltung dieser und den im Bericht genannten Voraussetzungen sehen wir für die Ausführung keine Standsicherheitsprobleme.

Bochum, März 1993





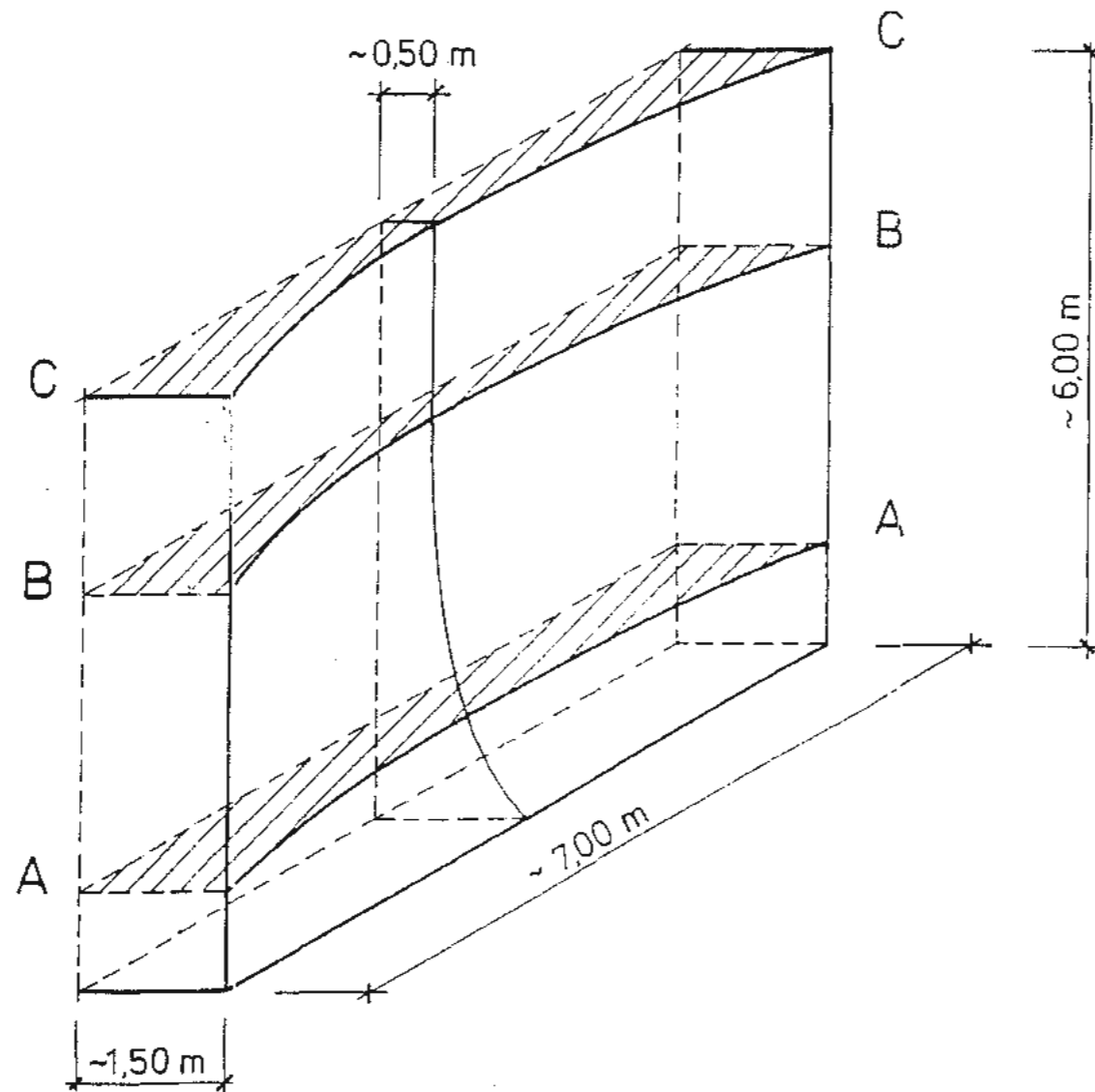
- 074

**Anlage 1**

**Kubatur der Versatzwand  
aus unbewehrtem Spritzbeton**

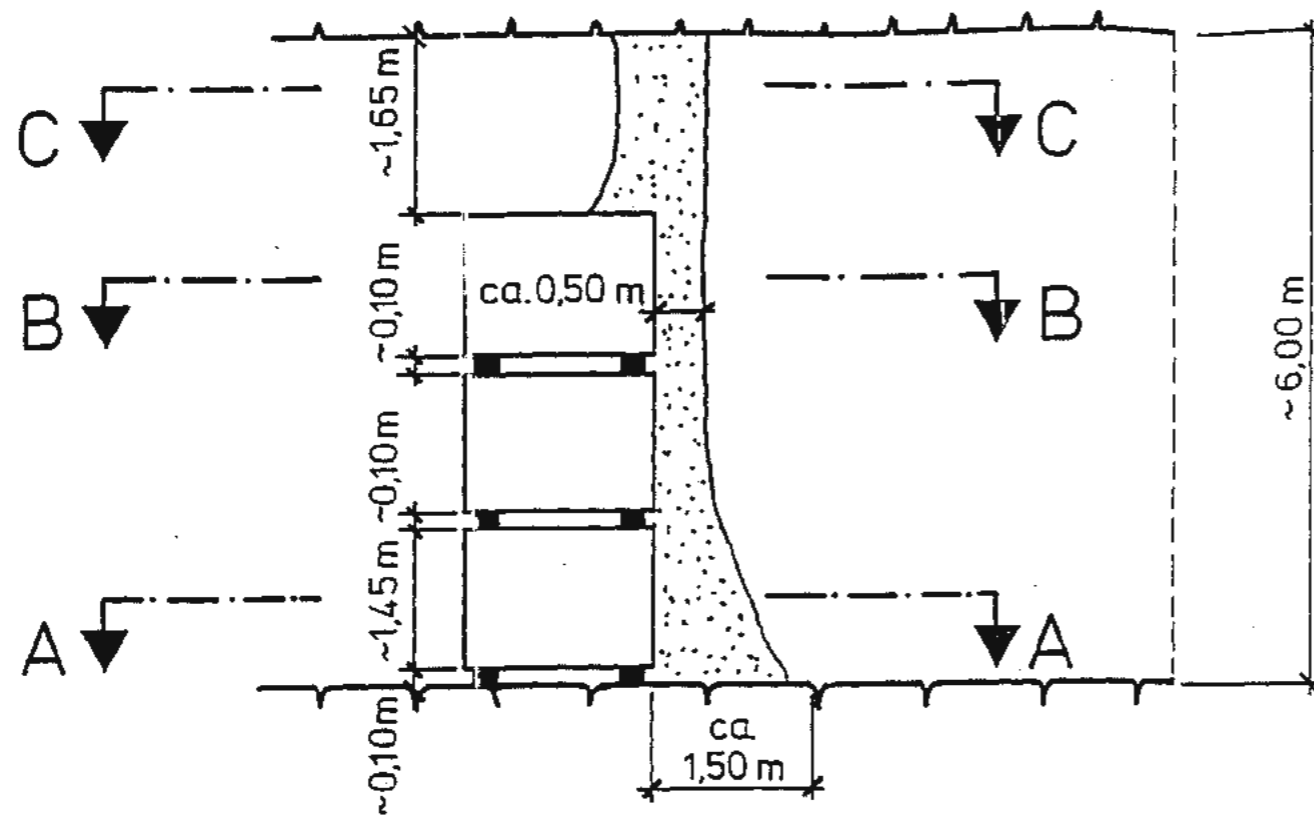


Versatzwand:



<b>BfS Bundesamt für Strahlenschutz</b>	
Projekt: <b>Projekt Konrad</b>	
gez. <b>16.3.93</b>	Datum: [redacted] / [redacted] / [redacted] (Autor und Zeichnungsnummer Fremd)
bearb.	[redacted]
gepr.	[redacted]
Maßstab: <b>1:75</b>	CAO-Nr. [redacted] Titel: <b>Kubatur der Versatzwand aus unbewehrtem Spritzbeton</b>
MF-Nr.	[redacted]
Blatt <b>1</b> von <b>3</b> Blatt	
Klassifizierung: Für diese Zeichnung behalten wir uns alle Rechte vor	
Projekt: <b>N A A N N</b>	PSP-Element: <b>N N N N N N N N N N N N N N N</b>
Objekt-Kennz: <b>N N N N N</b>	Funktion: <b>A A N N</b>
Komponente: <b>A A N N N A</b>	Baugruppe: <b>A A N N X</b>
Aufgabe: <b>A A X X</b>	UA: <b>A A N</b>
 Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH	

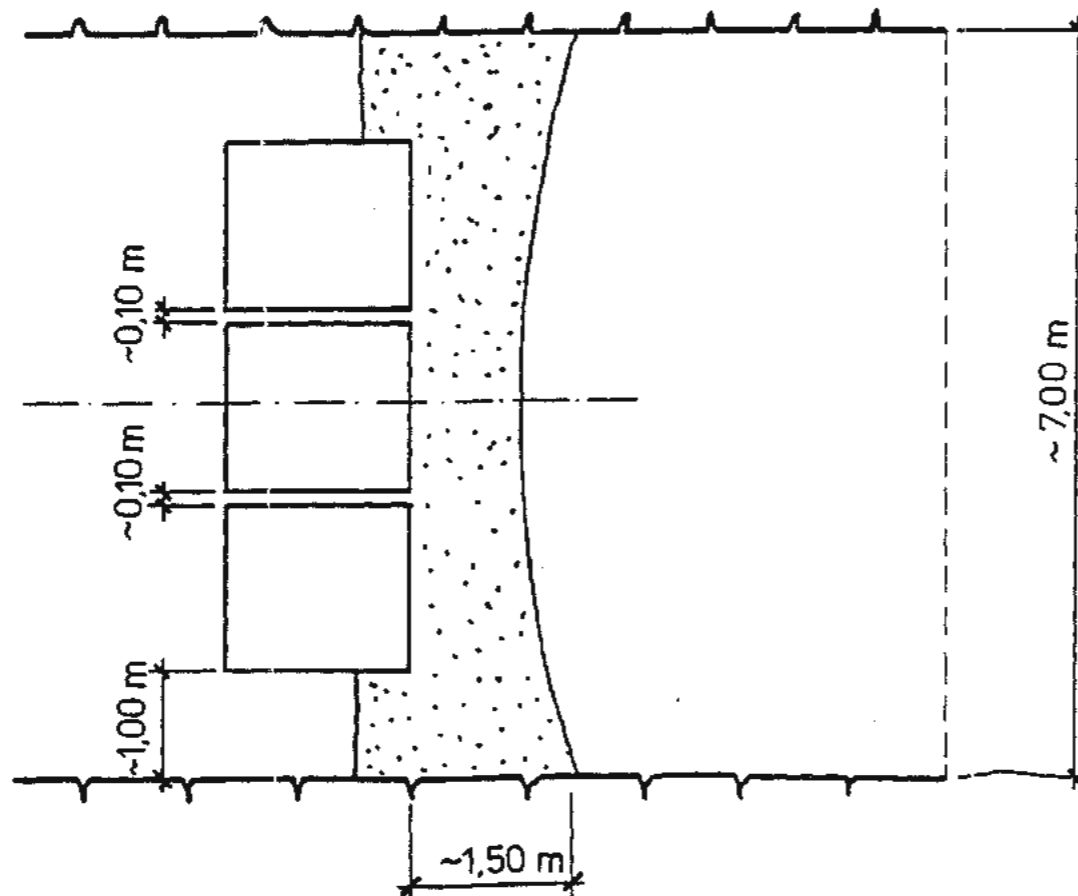
# Übersicht



Dargestellter Gebädetyp und Stapelschema dienen lediglich zur Orientierung!

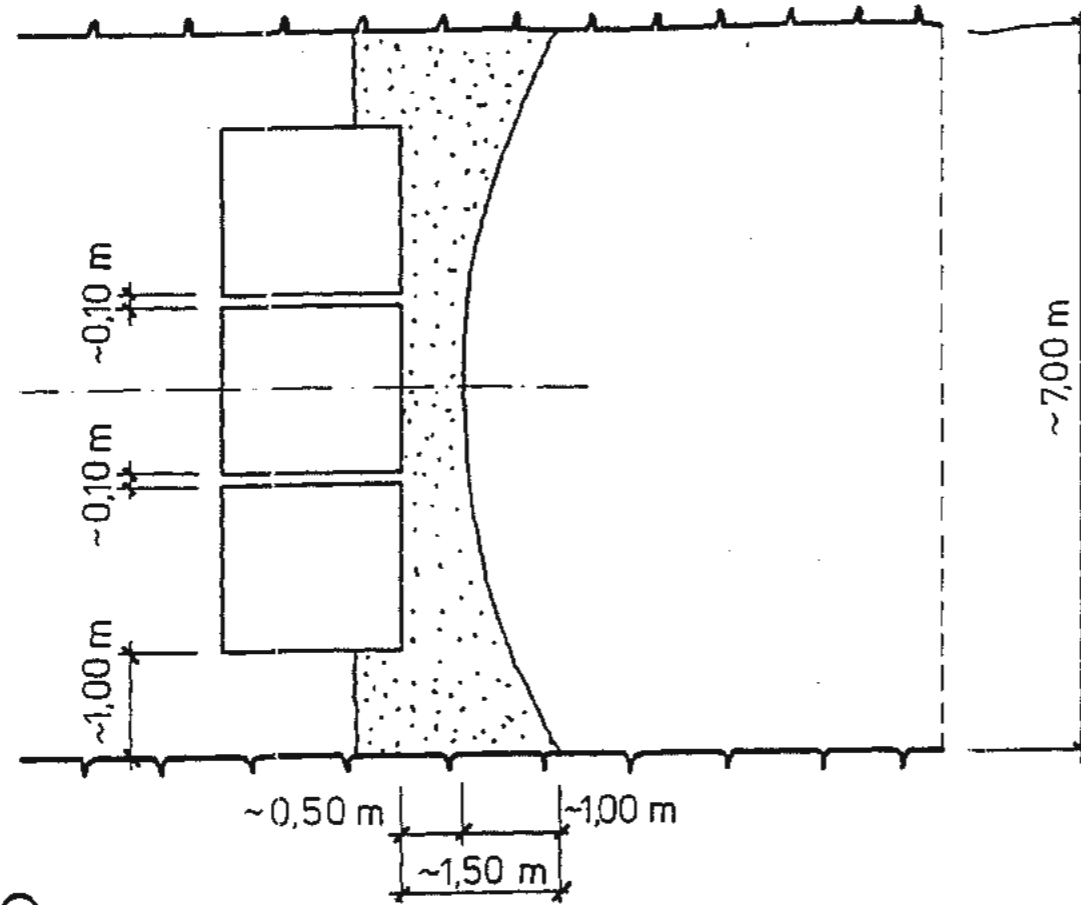
076

## Schnitt A - A



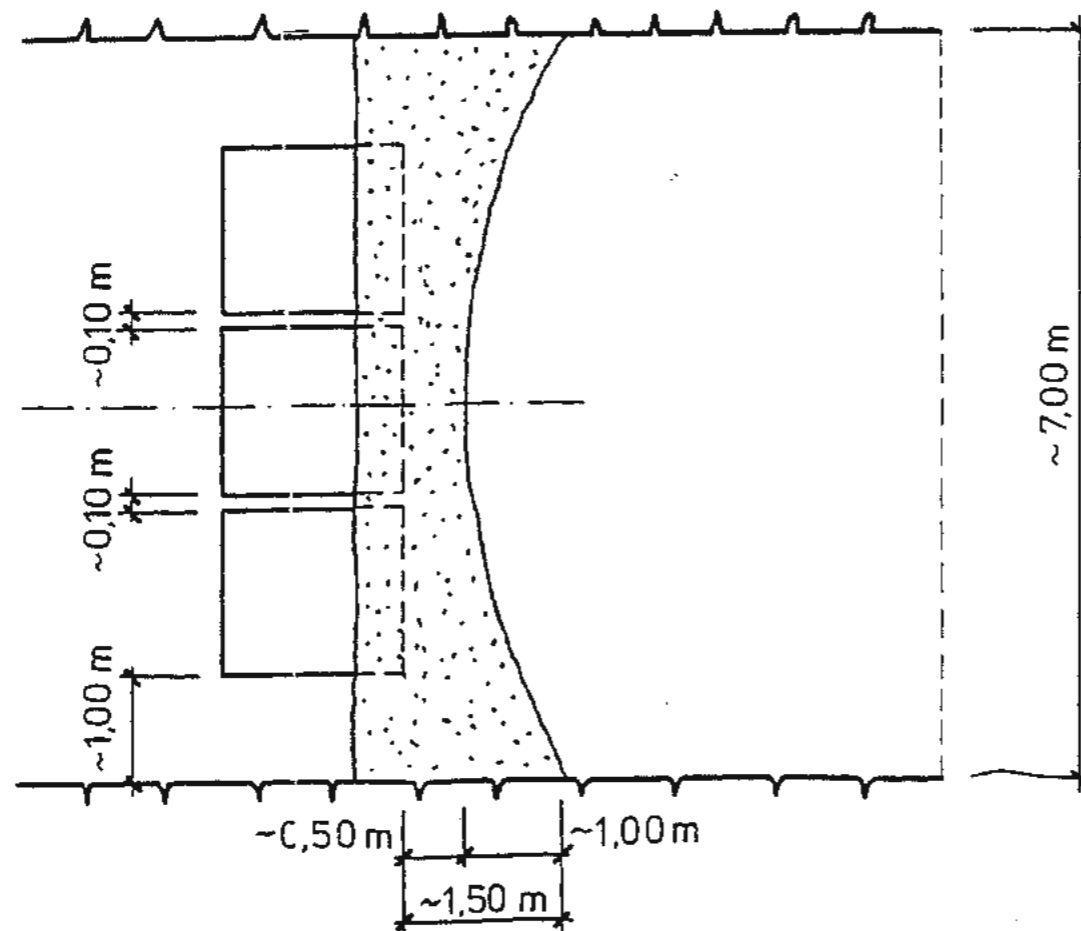
<b>BfS</b>		<b>Bundesamt für Strahlenschutz</b>	
Projekt: <b>Projekt Konrad</b>			
gez.	Datum	Ersteller und Zeichnungsnummer	Fremd
bearb.	16.3.93	m	
gepr.			
Maßstab	CAD-Nr.	Titel:	
1:75		Kubatur der Versatzwand aus unbe-	
		wehrtem Spritzbeton	
MF-Nr.			
Blatt 2 von 3 Blatt			
Klassifizierung: <span style="float: right;">Für diese Zeichnung behalten wir uns alle Rechte vorbehalten.</span>			
Projekt	PSP-Element	Objekt-Kategorie	Funktion
N A A N N N N N N N N N N N N	N N N N N N N N N N N N N N	N N N N N N N N N N N N N N	N A A N N
Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA
A A N N N A	A A N N N	X A A X X A A	N N N N N
 Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE)			

# Schnitt B-B



077

# Schnitt C-C



<b>BfS</b>		<b>Bundesamt für Strahlenschutz</b>	
Projekt: <b>Projekt Konrad</b>			
gez.	16.3.93	Name/Unterschrift	Ersteller und Zeichnungsnummer Fremd
bearb.			
gepr.			
Maßstab	CAD-Nr.	Titel:	
1:75		Kubatur der Versatzwand aus unbewehrtem Spritzbeton	
MF-Nr.			
Blatt 3 von 3 Blatt			
Klassifizierung:		Für diese Zeichnung behalte ich mir alle Rechte vor.	
Projekt	PSP-Element	Objekt-Kennz.	Revision
N A A N N N N N N N N N N N N N N N N			
Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA
A A N N N A A A N N		X A A X X A A	N N

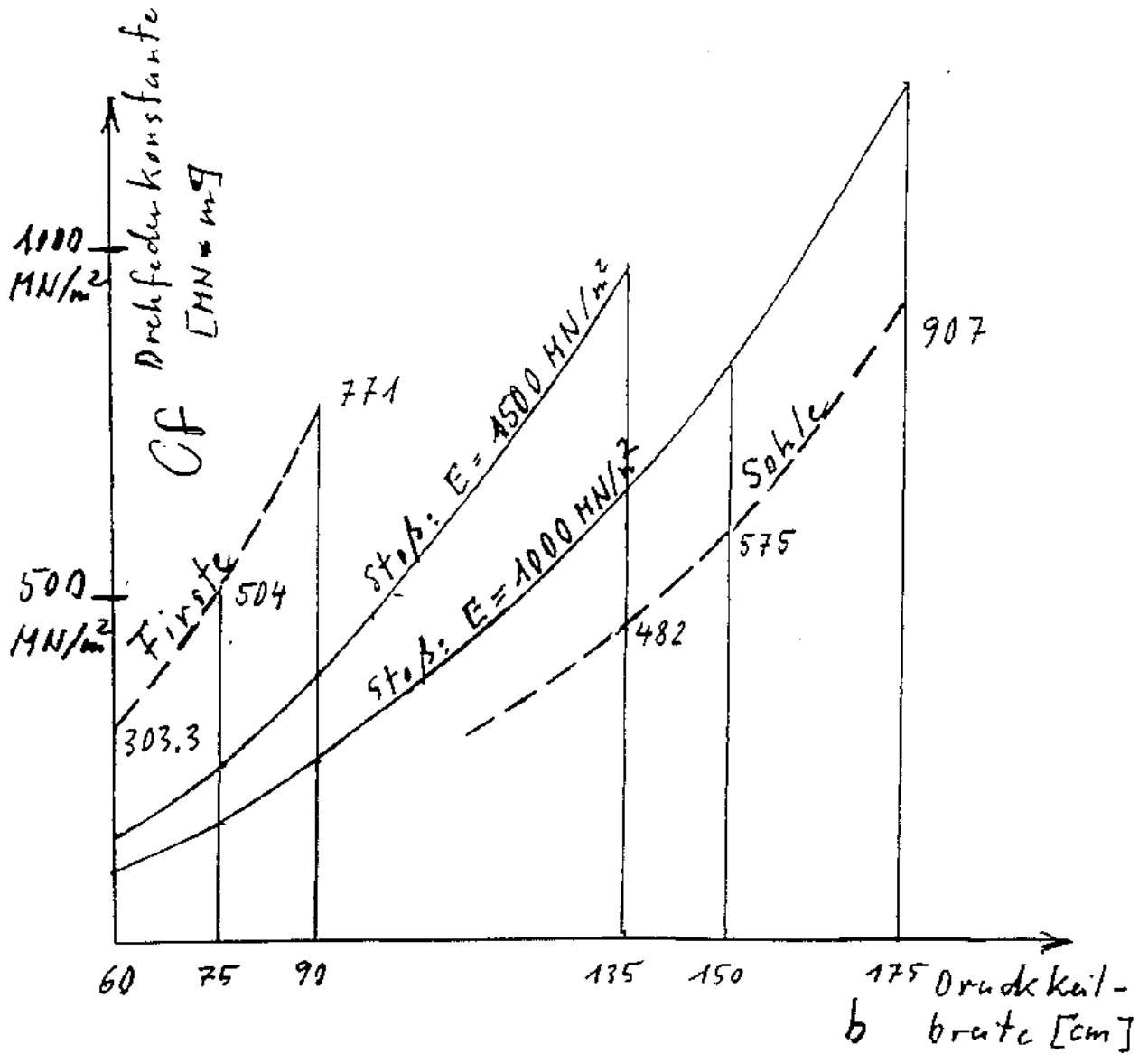
- 078

**Anlage 2**

**Ermittlung der Drehfederkonstanten  
in Abhängigkeit von der Druckkeilbreite**



- 079

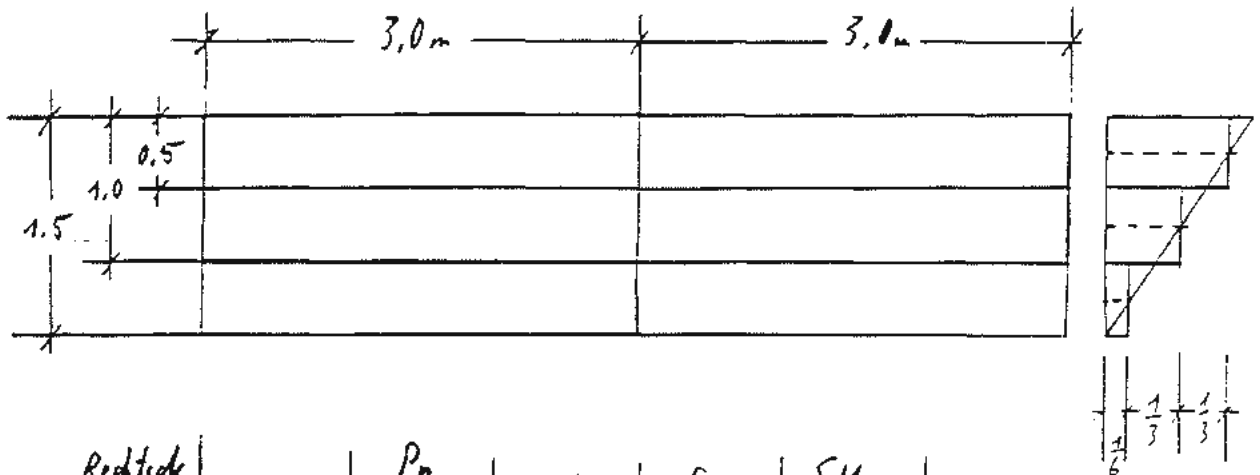


Drehfederkonstanten  $C_d$  in Abhängigkeit von  
 Druckkeilbreite  $b$



080

Berechnung der Auflagenbedingungen nach Stürbrennen



Rechteck Nr.	$a_n$	$P_n$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$a/b$	$f_{An}$	$\sum M_n$ [mm]
1	0.5	1/3	6.0	1.122	0.1247
2	1.0	1/3	3.0	0.861	0.1913
3	1.5	1/6	2.0	0.765	0.1275
					<u>0.4558</u>

$$E_s = 3000 \text{ MN/m}^2$$

$$\sum M = \sum M_n = \sum \frac{2a_n \cdot P_n \cdot f_{An}}{E_s} = 0.456 \text{ mm}$$

$$\bar{\Delta}_q = (1.5 + 0.456) / 1.5 = 1.304 \text{ ‰}$$

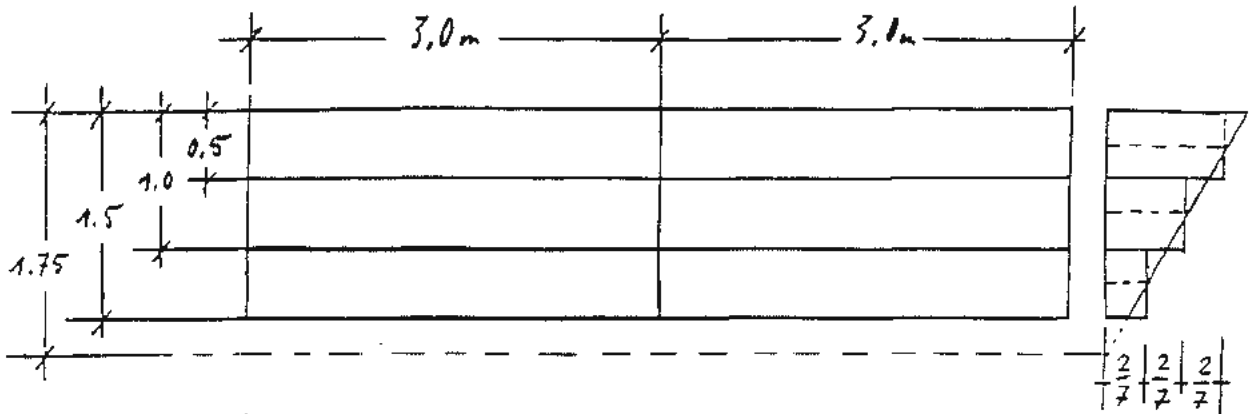
$$\bar{N} = 0.75 \text{ MN}$$

$$\bar{M} = 0.75 \text{ MN}\cdot\text{m}$$

Drehfedernkonstante

$$C_d = 0.75 / 1.304 = 575 \text{ 000, KN}\cdot\text{cm}$$

081



Rechteck Nrs.	$a_n$	$P_n$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$a/b$	$f_{An}$	$\sum M_n$ [mm]
1	0.5	$\frac{2}{7}$	6.0	1.122	0.1069
2	1.0	$\frac{2}{7}$	3.0	0.861	0.1640
3	1.5	$\frac{2}{7}$	2.0	0.765	0.2186

0.4895

$$E_s = 3000 \text{ MN/m}^2$$

$$\sum M = \sum \sum M_n = \sum \frac{2a_n \cdot P_n \cdot f_{An}}{E_s} = 0.490 \text{ mm}$$

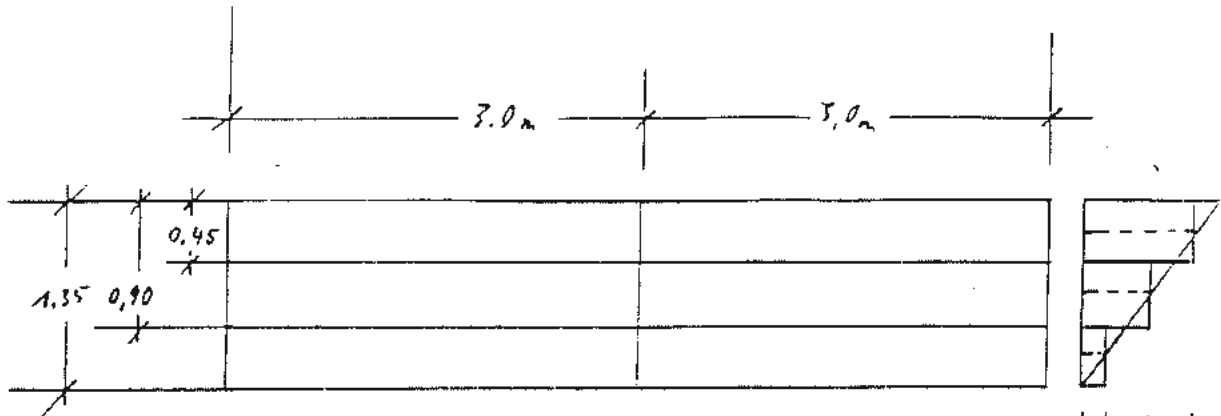
$$\bar{\Delta y} = (1.5 + 0.49) / 1.75 = 1.137$$

$$\bar{N} = \left( \frac{1}{6} + \frac{5}{12} \right) \cdot 1.5 = 0.875 \text{ MN}$$

$$\bar{M} = \left( \frac{1}{6} + \frac{5}{12} \cdot 1.25 \right) \cdot 1.5 = 1.03125 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$G_d = 1.03125 / 1.137 = 907000 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

082



Rechteck-Nr.	$a_n$	$P_n$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$a/b$	$f_{An}$	$S_{Mn}$
1	0.45	$\frac{1}{3}$	6.67	1.168	0.1168
2	0.9	$\frac{1}{3}$	3.33	0.893	0.1786
3	1.35	$\frac{1}{6}$	2.22	0.798	0.1197

0,4151

$$E_s = 3000. \text{ MN/m}^2$$

$$S_M = \sum S_{Mn} = \sum \frac{2a_n \cdot P_n \cdot f_{An}}{E_s} = 0.415 \text{ mm}$$

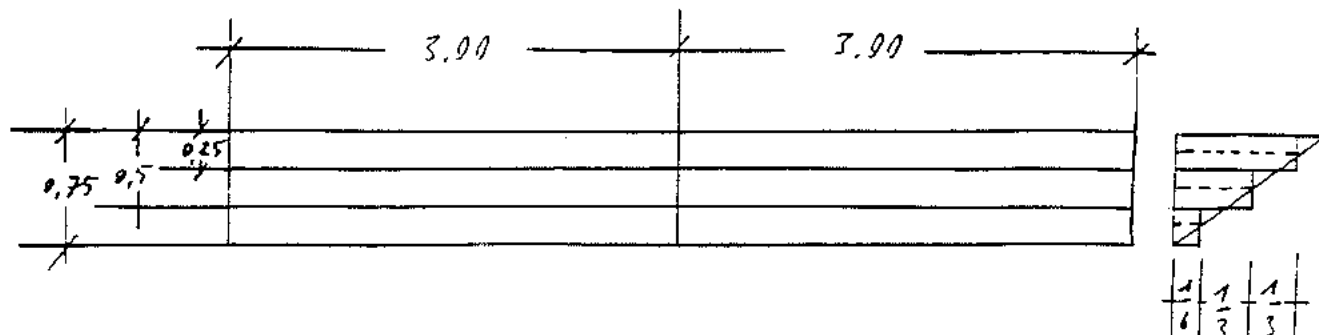
$$\bar{\Delta}q = (1.5 + 0.415) / 1.35 = 1.419 \%$$

$$\bar{N} = 0.675 \text{ MN}$$

$$\bar{M} = 0.6075 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$C_d = 0.6075 / 1.419 = 482000. \text{ KN} \cdot \text{m}$$

083



Rechteck Nr.	$a_n$	$P_n$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$a/b$	$f_{A_n}$	$SM_n$ [mm]
1	0.25	$\frac{1}{3}$	12	1.300	0.0722
2	0.50	$\frac{1}{3}$	6	1.122	0.1247
3	0.75	$\frac{1}{6}$	4	0.982	0.0818

0.2787

$$E_s = 3000 \text{ MN/m}^2$$

$$SM = \sum SM_n = \sum \frac{2a_n \cdot P_n \cdot f_{A_n}}{E_s} = \underline{0.279}$$

$$\Delta \bar{\eta} = 0.279 / 0.75 = 0.372 \%$$

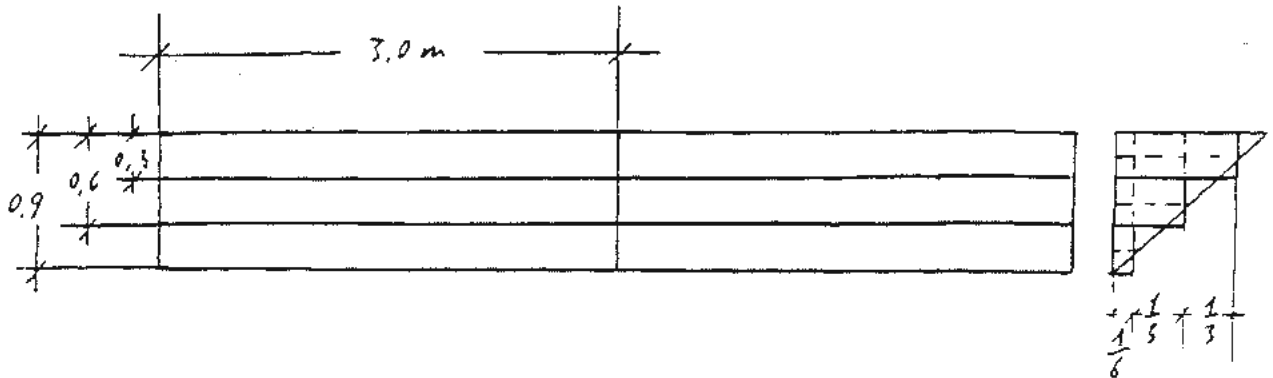
$$N = 0.375$$

$$M = 0.375 \cdot 0.5 = 0.1875$$

$$C_d = 0.1875 / 0.372 = 504000. \text{ KN} \cdot \text{m}$$



084



Rechteck Nr.	$a_n$	$p_n$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$a/b$	$f_{An}$	$S_{Mn}$ [nm <sup>7</sup> ]
1	0.3	1/3	10.0	1.272	0.0848
2	0.6	1/3	5.0	1.052	0.1403
3	0.9	1/6	3.33	0.901	0.0907

0.3152

$$E_s = 3000 \text{ MN/m}^2$$

$$S_M = \sum S_{Mn} = \sum \frac{2 a_n \cdot p_n \cdot f_{An}}{E_s} = \underline{0.315}$$

$$\bar{\Delta \varphi} = 0.3152 / 0.9 = 0.3502 \%$$

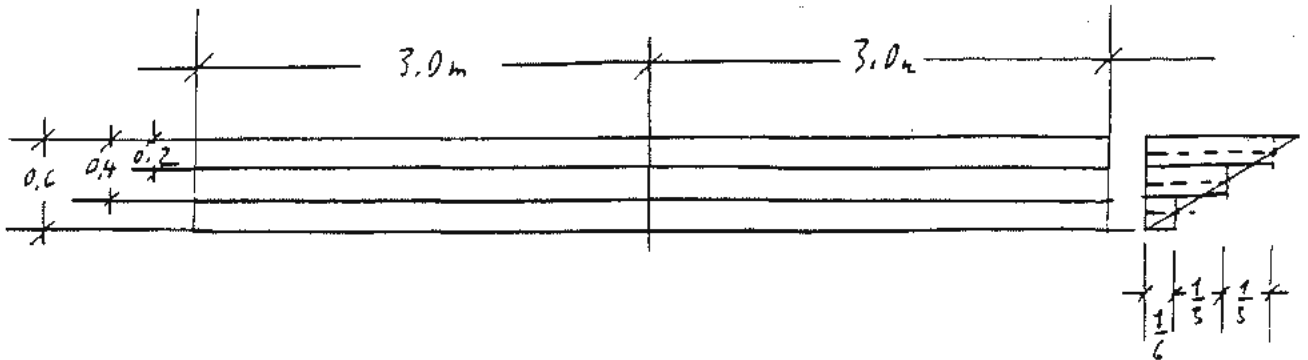
$$\bar{N} = 0.45 \text{ MN}$$

$$\bar{M} = 0.45 \cdot 0.6 = 0.27 \text{ MN}\cdot\text{m}$$

$$Cd = 0.27 / 0.3502 = 771000. \text{ KN}\cdot\text{m}$$



085



Rechteck Nr.	$a_n$	$P_n$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$a/b$	$f A_n$	$S M_n$ [mm]
1	0,2	$\frac{1}{3}$	15	1,397	0,0621
2	0,4	$\frac{1}{3}$	7,5	1,183	0,1052
3	0,6	$\frac{1}{6}$	5,0	1,052	0,0701

0.2374

$$E_s = 3000 \text{ MN/m}^2$$

$$SM = \sum S M_n = \sum \frac{2a_n \cdot P_n \cdot f A_n}{E_s} = 0,2374 \text{ mm}$$

$$\bar{\Delta q} = 0,2374 / 0,6 = 0,3957 \text{ ‰}$$

$$\bar{N} = 0,3$$

$$\bar{M} = 0,3 \cdot 0,4 = 0,12 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$C_d = 0,12 / 0,3957 = 303300.$$



Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komp	Baugr	Aufgabe	UA	Lfd. Nr	Rev
9K	5554		ECC			GH	LA	0044	00

086

**Fachliche Stellungnahme zur Übertragung der statischen Untersuchungen der Versatzwand auf reduzierte Streckenabmessungen**

Den statischen Nachweisen zur Versatzwand

- Endlager Konrad  
Konzept zur Herstellung der Versatzwände in Spritzbeton  
Statischer Nachweis  
IMM Bochum Stand November 1991  
Dok.-Nr. 9K/5554/ECC/GH/LD/0001/01
- Endlager Konrad  
Konzept zur Herstellung der Versatzwände in Spritzbeton  
Statischer Nachweis  
IMM Bochum Stand März 1993  
Dok.-Nr. 9K/5554/ECC/GH/LD/0002/00

liegen Streckenabmessungen der Einlagerungskammer von ca. 7 m Breite und ca. 6 m Höhe zugrunde. Dies führt zu einer größeren Breite im Verhältnis zur Höhe. Die anteilige Lastabtragung in Querrichtung ist insofern zumindest im ungerissenen Zustand bei den modifizierten Verhältnissen niedriger als bei den statisch nachgewiesenen Verhältnissen.

Geht man jedoch von einem gerissenen Zustand, d. h. von einem Horizontalriß entsprechend der für die Ausgangsabmessungen errechneten Gelenkverdrehung aus, dann werden anteilige horizontale Lastabtragungen geweckt, die den durchgeführten statischen Nachweisen entsprechen. Die Voraussetzungen hierfür sind hinreichend erfüllt, wenn der Stich von ca. 1 m bei einer Mindestwandstärke von ca. 50 cm beibehalten wird, und wenn die vertikalen und horizontalen Wanddickenverteilungen den modifizierten Abmessungen entsprechend maßstäblich verkürzt werden.

Bochum, 22.04.1993

